Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

# Verkenning gezondheidsrisico's ultrafijnstof luchtvaart rond Schiphol en voorstel vervolgonderzoek

RIVM Briefrapport 2016-0050
N. Janssen et al.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

# Verkenning gezondheidsrisico's ultrafijnstof luchtvaart rond Schiphol en voorstel vervolgonderzoek

RIVM Briefrapport 2016-0050
N. Janssen et al.

# Colofon



Nicole Janssen (auteur), RIVM
Caroline Ameling (auteur), RIVM
Aad Bezemer (auteur), RIVM
Oscar Breugelmans (auteur), RIVM
Annelike Dusseldorp (auteur), RIVM
Paul Fischer (auteur), RIVM
Danny Houthuijs (auteur), RIVM
Marten Marra (auteur), RIVM
Joost Wesseling (auteur), RIVM

Contact:
N.A.H. Janssen
Centrum voor Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid
nicole.janssen@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van IenM, in het kader van een aanvullende opdracht 'Ultrafijnstof Schiphol'

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

# Publiekssamenvatting

## Verkenning gezondheidsrisico's ultrafijnstof luchtvaart rond Schiphol en voorstel vervolgonderzoek

Er zijn geen duidelijke aanwijzingen dat de sterfterisico's nabij de luchthaven Schiphol afwijken van die van nabijgelegen gebieden of elders in Nederland. Dit blijkt uit een eerste verkennend onderzoek van het RIVM naar de gezondheidsrisico's van ultrafijnstof rond Schiphol door de luchtvaart.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM). De opdracht was om op korte termijn inzicht te geven in het risico om vroegtijdig te overlijden in de woongebieden rondom Schiphol. Daarnaast wil het ministerie advies over de haalbaarheid en opzet van een eventueel vervolgonderzoek.

Voor deze eerste verkenning zijn sterftecijfers van het CBS gebruikt van 2004 tot en met 2010, zowel voor algemene sterfte als sterfte aan specifieke aandoeningen aan de luchtwegen, het hart- en vaatstelsel en longkanker. De postcodegebieden rond Schiphol zijn met elkaar vergeleken en met andere delen van Nederland. Ook is gekeken of er een patroon kon worden gevonden in sterftecijfers in relatie tot de afstand tot de luchthaven, of tot gebieden met verschillende concentraties ultrafijnstof. Hierbij zijn zowel hogere als lagere sterftecijfers gevonden en er was geen duidelijke clustering te zien van een hoger sterfterisico rond Schiphol. Het was niet mogelijk om een vergelijking te maken tussen de sterftecijfers en de blootstelling aan ultrafijnstof op het woonadres.

Uit eerder onderzoek van TNO en het RIVM uit 2015 blijkt dat de concentratie ultrafijnstof tot op 15 km van de luchthaven door het vliegverkeer wordt verhoogd. Er zijn redenen om aan te nemen dat deze ultrafijnstofdeeltjes uit vliegtuigmotoren gezondheidseffecten kunnen veroorzaken. Eventuele kleine verhogingen in sterftecijfers zijn met de gebruikte onderzoekstechnieken moeilijk terug te zien in de bevolkingsgroep die dit aangaat.

Aanvullend onderzoek is nodig om beter inzicht te krijgen in de mate waarin ultrafijnstof bijdraagt aan gezondheidseffecten. Dit kan worden bereikt door een integraal onderzoeksprogramma op te zetten. Daarin moet niet alleen naar sterfte worden gekeken, maar ook naar verschillende andere gezondheidsaspecten, zoals aandoeningen van de luchtwegen en het hart- en vaatsysteem, medicijngebruik en geboortegewicht. Dit kan voor een deel met terugwerkende kracht op basis van beschikbare gezondheidsgegevens. Het is ook raadzaam om een aantal jaren de concentraties ultrafijnstof in de directe omgeving van Schiphol te meten, omdat de concentraties uit de eerdere onderzoeken nog onzekerheid kennen. Het voorgestelde vervolgonderzoek kan hier meer duidelijkheid over verschaffen.

Kernwoorden: ultrafijnstof, luchtvaart, sterftecijfers, Schiphol

# Synopsis


**Explorative study into health risks of ultrafine particles from aviation around Schiphol airport and proposal for follow-up**

There are no evident indications that mortality risks in residential areas near Schiphol airport deviate from risks in nearby regions or elsewhere in the Netherlands. This is the result of an explorative study from RIVM into the health risks of ultrafine particles from aviation around Schiphol airport.

The study was conducted by the order of the ministry of Infrastructure and the Environment. The task was to give, at short notice, insight into the risk of premature mortality in residential areas around the airport. In addition, the ministry requested an advice about the feasibility and design of a possible follow-up study.

Data on all-cause mortality and cause specific mortality for cardiovascular disease, respiratory disease and lung cancer from Statistics Netherlands was used for the study. The postal codes around the airport were compared with each other and with other regions of the Netherlands. Also it was explored whether a spatial pattern in the mortality risk was present in locations relative to the airport. Elevated as well as lower risks were observed, but there was no apparent clustering of risks in postal codes around the airport. No direct comparison was made between the exposure at the home address and the mortality risk.

In earlier studies from TNO and RIVM, elevated levels of ultrafine particles from aviation were found up to 15 km distance from the airport. There are indications that ultrafine particles in aircraft engine emissions could lead to health effects. Possible small deviations in mortality risks are difficult to detect with the methods applied in this explorative study.

Additional research is necessary to gain more accurate insight in the extend that ultrafine particles can contribute to health effects. This can be achieved by designing a research programme in which, besides mortality, several health effects are considered, like cardiovascular and respiratory disorders and birth weight. Partly, these studies can be carried out retrospectively using available data from health registries. It is also recommended to measure ultrafine particles for a few years in the vicinity of the airport, since the levels reported in the earlier studies have a substantial degree of uncertainty. The proposed research programme may supply more clarity about the consequences of exposure to ultrafine particles.


Keywords: ultrafine particles, aviation, mortality, Schiphol

# Inhoudsopgave

# Samenvatting

*Achtergrond*
Uit twee verkennende onderzoeken, uit 2014 en 2015, naar de ultrafijnstof (UFP) concentraties rondom de luchthaven Schiphol bleek dat deze concentraties verhoogd zijn. Er werd geconcludeerd dat de bijdrage van de emissie van het vliegverkeer aan de UFP concentraties in de woongebieden rondom Schiphol vergelijkbaar is met de bijdrage van wegverkeer in de binnenstad. De betekenis hiervan voor de gezondheid van omwonenden is onduidelijk, omdat weinig bekend is over de gezondheidseffecten van UFP, in het bijzonder van vliegverkeer. De aanbeveling uit de onderzoeken was om dit nader te onderzoeken. Op grond van de kennis over deeltjesvormige luchtverontreiniging is het aannemelijk dat vooral kleine deeltjes schadelijk zijn voor de gezondheid en dat langdurige blootstelling kan leiden tot vroegtijdige sterfte , hart- en vaatziekte, neurologische aandoeningen, ziekten van de ademhalingswegen en longkanker. De staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu (IenM) heeft in een brief aan de Tweede Kamer (2015) aangeven nader onderzoek uit te laten voeren. Het Ministerie van IenM vindt het belangrijk snel een eerste beeld te krijgen van de gezondheidsrisico's voor omwonenden. Op korte termijn kan alleen in beschrijvende zin gerapporteerd worden over sterfterisico's in de regio Schiphol. Daarom is het RIVM opdracht gegeven om inzicht te geven in de sterftecijfers in de woongebieden rondom Schiphol en deze te vergelijken met andere gebieden in Nederland. Daarnaast wil het Ministerie advies over de haalbaarheid en opzet van een eventueel vervolgonderzoek.

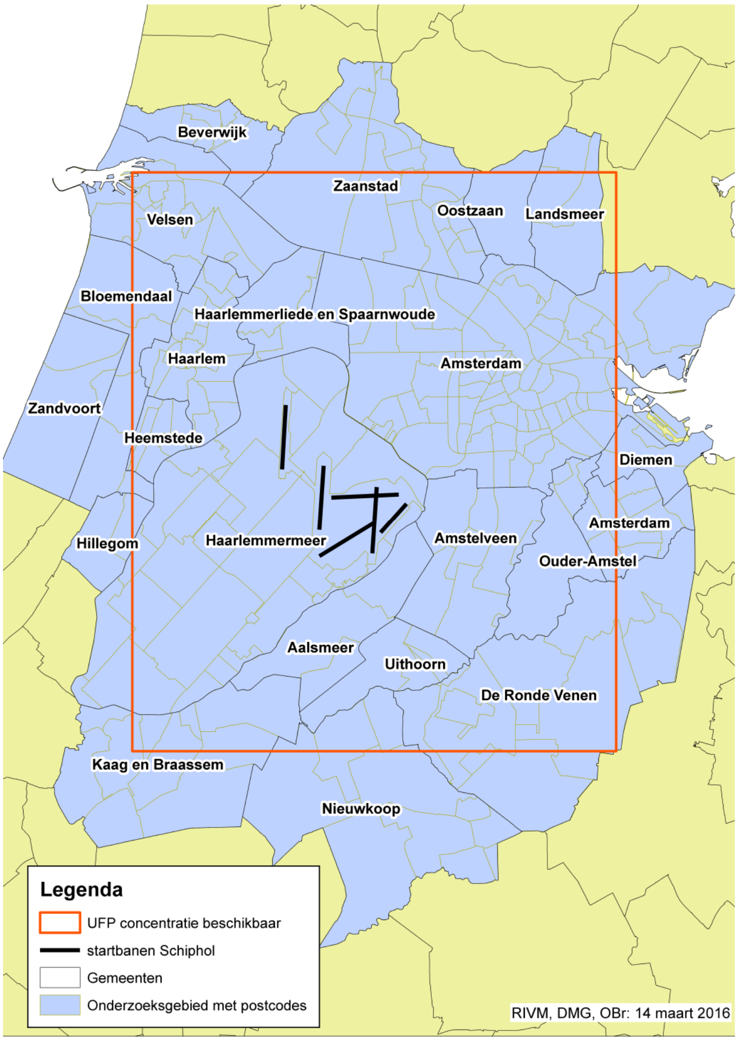
*Onderzoeksvraag en vraagstelling*
De volgende vragen van het ministerie van IenM worden in dit onderzoek beantwoord:

1. Wat zijn de sterftecijfers in de periode 2004-2011 in de postcodegebieden rondom Schiphol waar de concentratie UFP verhoogd is door de luchtvaart?
2. Hoe verhouden deze cijfers zich tot de sterftecijfers in qua samenstelling sociaal-economisch vergelijkbare postcodegebieden zonder luchthaven in de nabije omgeving waar het UFP niveau door vliegtuigemissies lager is?
3. Hoe kunnen eventuele verschillen tussen postcodegebieden binnen het gebied rond Schiphol en/of tussen het gebied rond Schiphol en de sterftecijfers elders in het land worden geduid?
4. Wat betekenen de resultaten voor de opzet en haalbaarheid van een eventueel vervolgonderzoek? Wat zijn bijvoorbeeld de benodigde randvoorwaarden en de beperkingen van dit mogelijke vervolgonderzoek?

Op grond van wat bekend is over effecten van deeltjesvormige luchtverontreiniging, zou een eventueel effect op vervroegde sterfte vooral terug te vinden kunnen zijn in een hogere sterfte aan aandoeningen aan de luchtwegen, longkanker en/of het hartvaatstelsel in de gebieden die een hoge UFP concentratie hebben of dichtbij de luchthaven liggen. Daarom zijn naast de sterftecijfers voor alle oorzaken

samen, de sterftecijfers voor deze afzonderlijke aandoeningen specifiek bekeken in dit onderzoek.

*Het onderzoeksgebied en de onderzoekspopulatie*
Alle gemeenten waarvan een deel van het grondgebied zich bevindt binnen een afstand van 10 km van één van de vijf start- en landingsbanen zijn betrokken bij het onderzoek. Aan deze selectie zijn gemeenten toegevoegd waarvan zich een belangrijk deel in het gebied van 25 bij 30 kilometer bevindt waarvoor in eerder onderzoek de UFP concentraties zijn gemodelleerd. Op deze manier is een onderzoeksgebied samengesteld (zie figuur 1) waarbinnen voldoende contrast is in de blootstelling aan UFP. In dit gebied woonden op 1 januari 2004 1,216.510 inwoners van 30 jaar of ouder. Hiervan woonden 708.818 personen (58,3%) minstens vijf jaar op hetzelfde adres. Deze inwoners vormden het onderzoekscohort waarvoor de sterftecijfers zijn geanalyseerd: per viercijferig postcodegebied (die postcodegebieden waarvan de eerste 4 cijfers hetzelfde zijn) is gekeken hoeveel mensen van dit cohort zijn overleden in de periode 2004 tot en met 2010 (7 jaar).




*Figuur 1. Het onderzoeksgebied, bestaande uit 247 viercijferige postcodegebieden, gelegen in 21 gemeenten.*

*Statistische analyses*
Voor de 247 postcodegebieden zijn de sterftecijfers (afkomstig van het CBS) geanalyseerd voor totale sterfte (aan natuurlijke oorzaken), hart- en vaatziekten, longkanker en aandoeningen aan de luchtwegen. Daarbij is rekening gehouden met factoren die invloed kunnen hebben op sterfte en waarover het CBS informatie heeft: leeftijd, geslacht, land van herkomst, burgerlijke staat en het huishoudinkomen. Daarnaast is rekening gehouden met de invloed van sociale status, op basis van een indicator per postcodegebied (gebaseerd op opleiding, inkomen en positie op de arbeidsmarkt). Voor de postcodegebieden is een Hazard Ratio (HR) berekend; dat is de relatieve verhoging of verlaging in het sterfterisico ten opzichte van het gemiddelde sterfterisico van het hele onderzoeksgebied.

*Sterftecijfers in postcodegebieden (vraag 1)*
Er zijn voor de onderzochte doodsoorzaken zowel enkele verhogingen als verlagingen gevonden van het risico op sterfte in bepaalde postcodebieden. Deze afwijkingen van het gemiddelde lijken min of meer willekeurig over het onderzoeksgebied verdeeld. Een samenhang van het risico op sterfte met de nabijheid tot de luchthaven is dus op het eerste oog niet zichtbaar.

*Sterftecijfers ten opzichte van andere gebieden in Nederland (vraag 2)*
Er zijn geen duidelijke aanwijzingen gevonden dat het sterfterisico in het onderzoeksgebied afwijkt van het gemiddelde in Nederland. Dit is onderzocht door de Hazard Ratio te rangschikken voor het onderzoeksgebied ten opzichte van de 40 zogenoemde COROP regio's in Nederland (regio's die zijn gedefinieerd voor onderzoeksdoeleinden in Nederland). Om de eventuele samenhang met afstand tot de luchthaven en UFP concentraties te verkennen, is daarbij het onderzoeksgebied elke keer anders ingedeeld; op grond van de gemodelleerde UFP concentraties (groter dan 3.000, 4.000, 5.000, 6.000, 7.000 of 8.000 deeltjes UFP/$cm^3$) en op grond van afstanden tot de luchthaven (kleiner dan 10, 5, 4 of 3 kilometer). Uit deze vergelijkingen blijkt het totale sterfterisico aan natuurlijke oorzaken en sterfte aan ziekten aan de ademhalingswegen vergelijkbaar of iets lager te zijn dan in andere gebieden in Nederland. Dit geldt ook voor hart- en vaatziekten, maar hiervoor wordt wel een iets hoger sterfterisico in postcodegebieden met een UFP belasting groter of gelijk aan 8.000 deeltjes per $cm^3$ gevonden. Aan deze observatie kunnen, onder andere door het beperkt aantal personen in dit deelgebied, geen conclusies worden ontleend. Voor longkanker zijn de sterfterisico's gemiddeld iets hoger dan in de rest van Nederland, maar zijn niet significant afwijkend van de sterfterisico's in de 8 COROP gebieden die het dichtst bij het onderzoeksgebied liggen.

*Hoe kunnen de resultaten worden geduid? (vraag 3)*
Op grond van de sterfterisico's per postcodegebied over de onderzoeksperiode van zeven jaar, is op het eerste oog geen samenhang zichtbaar met de afstand tot de luchthaven. Deze resultaten passen bij eerdere resultaten met ziekenhuisopnamen uit de periode 1991-2004 voor hart- en vaatziekten en ziekten van de ademhalingswegen, waaruit ook geen ruimtelijk patroon te detecteren viel rondom de luchthaven. In de huidige studie kon beter dan voorheen rekening worden gehouden met individuele demografische en

sociaaleconomische factoren en –op groepsniveau – sociale status, dat ook samenhangt met leefstijlfactoren die van invloed kunnen zijn op sterfte. Vanwege de korte doorlooptijd is het onderzoek beperkt van aard en geeft het slechts een eerste beeld van de mogelijke risico's. In het tijdbestek moest worden uitgegaan van reeds beschikbare cijfers en kon de relatie met blootstelling aan UFP op het woonadres niet worden onderzocht. Ook kon de blootstelling aan luchtverontreiniging van andere bronnen niet worden meegenomen.

Om de resultaten beter te kunnen interpreteren, is getracht een beeld te vormen van de risico's die mogelijk in het onderzoeksgebied kunnen optreden. In de wetenschappelijke literatuur is geen relatie bekend tussen vroegtijdige sterfte en de lange termijn blootstelling aan UFP. Er is daarom gebruik gemaakt van een beschikbare inschatting van het risico door een panel van experts in 2009. Dit risico is met de huidige onderzoeksopzet (het vergelijken van gemiddelde sterftecijfers van postcodegebieden) niet te detecteren. Dat er geen consistent patroon in de sterfterisico's is aangetroffen of dat de sterfterisico's niet in belangrijke mate afwijken van wat kan worden verwacht, sluit dus niet uit dat de UFP belasting van de luchtvaart kan leiden tot een verhoging van het sterfterisico. Zodoende is door deze verkennende studie geen nieuw beeld ontstaan over de schadelijkheid van lange-termijn blootstelling aan UFP. Wel heeft het huidige onderzoek de benodigde verbeteringen en randvoorwaarden voor een eventueel vervolgonderzoek in kaart gebracht.

*Haalbaarheid en opzet van vervolgonderzoek (vraag 4)*
De opties voor vervolgonderzoek zijn besproken in een workshop met experts vanuit het IRAS (Universiteit Utrecht), VU (Vrije Universiteit) Medisch Centrum, enkele GGD'en en het RIVM.

Vanwege de onbekendheid van de gezondheidsrisico's van UFP wordt vervolgonderzoek aanbevolen. Naar verwachting neemt de bijdrage van de luchtvaart aan de lokale luchtkwaliteit rond (internationale) luchthavens de komende 20 jaar toe. In onderzoek zijn de mogelijke risico's van UFP van luchtvaart goed te onderscheiden van de risico's van andere emissies van de luchtvaart en van andere milieubelastingen in de omgeving van een luchthaven. Hoewel de precieze hoogte van de concentraties nog onzeker is, wordt rond luchthavens mogelijk een omvangrijke populatie blootgesteld aan verhoogde concentraties UFP. Dit maakt onderzoek naar UFP van luchtvaart haalbaar en zinvol. Sterfte was in dit onderzoek de focus. Aan sterfte gaan echter andere gezondheidseffecten vooraf. Daarom zou vervolgonderzoek zich op een breder scala aan gezondheidseffecten moeten richten, zoals aandoeningen van de luchtwegen en het hart- en vaatsysteem, medicijngebruik en geboortegewicht.

Geadviseerd wordt om de voorgestelde onderzoeken onder te brengen in een goed afgewogen onderzoeksprogramma. Dit garandeert een optimaal gebruik van de verzamelde gegevens en een samenhangende interpretatie van de resultaten. In dit rapport worden de verschillende onderdelen van het voorgestelde onderzoeksprogramma beschreven. Het onderzoeksprogramma betreft zowel acute als chronische effecten. De studies naar acute effecten onderbouwen het mechanisme en beogen

de mogelijke verschillen in de risico‘s van UFP van verschillende bronnen vast te stellen; het onderzoek naar de effecten van langdurige blootstelling richt zich op de risico’s van UFP van de luchtvaart. Een belangrijke randvoorwaarde is dat de blootstelling aan UFP goed in kaart wordt gebracht. Dit geldt ook voor de belangrijkste leefstijlfactoren. Waar mogelijk moet gebruikt worden gemaakt van bestaande registraties of bestaande infrastructuur om deze gegevens te verzamelen. Om de zeggingskracht van de resultaten te verhogen, is het raadzaam onderzoek internationaal op te zetten rondom meerdere luchthavens.

Het RIVM acht dit samenhangende pakket van onderzoeksactiviteiten het meest kansrijk om het kennishiaat over de mogelijke gezondheidseffecten van UFP van de luchtvaart, samen met partners (onderzoeksinbstellingen, universiteiten en GGD’en), in een tijdsbestek van 4 tot 5 jaar doelgericht en efficiënt te verkleinen.
De ambitie van het programma is dat met de resultaten ervan, door beleidsmakers en stakeholders, een beslissing kan worden genomen over de inzet van bronbeleid. Hierbij kunnen de consequenties van de uitstoot van UFP uit (vliegtuig)motoren bijvoorbeeld worden afgewogen tegen de consequenties van de uitstoot van andere componenten (zoals $CO_2$, fijnstof en stikstofoxiden), en geluidhinder.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Het RIVM heeft in september 2015 een nader verkennend onderzoek naar ultrafijnstofconcentraties rondom de luchthaven Schiphol afgerond (Bezemer et al, 2015). De belangrijkste bevinding in dit rapport was dat de bijdrage van het vliegverkeer aan de ultrafijnstofconcentraties op de woonlocaties het dichtst bij Schiphol vergelijkbaar is met de bijdrage van wegverkeer in een binnenstad. Hiermee werden de bevindingen van een eerder onderzoek van TNO bevestigd (Keuken et al, 2015). Niet duidelijk is wat deze concentraties betekenen voor de gezondheid van omwonenden. In de vakliteratuur is weinig bekend over de nadelige gezondheidseffecten van ultrafijnstof en in het bijzonder van die van vliegtuigemissies.

Het RIVM heeft daarom aanbevolen nader onderzoek te laten verrichten dat gericht is op de mogelijke acute en lange termijn gezondheidseffecten van ultrafijnstof afkomstig van luchthavens.

## 1.2 Kaders opdracht en vraagstelling Ministerie

De staatssecretaris van IenM heeft in haar kamerbrief over het RIVM onderzoek aan de Tweede Kamer aangegeven het advies om de effecten van langdurige blootstelling te onderzoeken over te nemen, en dat dit zou kunnen door bijvoorbeeld sterftestatistieken of medicatiegebruik (als maat voor specifieke aandoeningen) in de regio Schiphol te koppelen aan de berekende ultrafijnstofbijdrage op adresniveau (IenM, 2015). Over onderzoek naar kortdurende blootstelling zou tussen IenM en RIVM nader worden overlegd. Over de voortgang van beide punten gaf de staatssecretaris aan te verwachten de Tweede Kamer in het begin van 2016 nader te informeren.

Het ministerie van IenM vindt het belangrijk snel een eerste beeld te krijgen van de gezondheidsrisico’s voor bewoners. Op korte termijn kan alleen in beschrijvende zin gerapporteerd worden over sterfterisico’s in de regio Schiphol.

Zodoende focust de vraagstelling zich in eerste instantie op een mogelijk verhoogd sterfterisico. Er wordt hierbij geen directe relatie gelegd met blootstelling aan ultrafijnstof op het woonadres (zie Bijlage 1: Beschrijving opdracht aan RIVM en Bijlage 2: Plan van aanpak RIVM).

Tegen deze achtergrond heeft van het ministerie van IenM de volgende vragen gesteld:

i. Wat zijn de sterftecijfers in de periode 2004-2011 in de postcodegebieden rondom Schiphol waar de concentratie ultrafijnstof verhoogd is door de luchtvaart?[1]

[1] Licht aangepast ten opzichte van de oorspronkelijke formulering van IenM (zie bijlage 1) vanwege multi-interpreteerbaarheid

ii. Hoe verhouden deze cijfers zich tot de sterftecijfers in qua samenstelling sociaaleconomisch vergelijkbare postcodegebieden zonder luchthaven in de nabije omgeving waar het ultrafijnstof niveau door vliegtuigemissies lager is?
iii. Hoe kunnen eventuele verschillen tussen postcodegebieden binnen het gebied rond Schiphol en/of tussen het gebied rond Schiphol en de sterftecijfers elders in het land worden geduid?
iv. Wat betekenen de resultaten voor de opzet en haalbaarheid van een eventueel vervolgonderzoek? Wat zijn bijvoorbeeld de benodigde randvoorwaarden en de beperkingen van dit mogelijke vervolgonderzoek?

## 1.3 Inhoud van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt de gevolgde werkwijze voor de nadere analyse van sterftecijfers beschreven.
Aan de hand van kaartjes wordt in hoofdstuk 3 het sterfterisico per 4-cijferige postcodes weergeven voor natuurlijke sterfte (totale sterfte exclusief uitwendige oorzaken) en voor sterfte aan drie doodsoorzaken (hart- en vaatziekten, ziekten van de ademhalingswegen en longkanker).
In hoofdstuk 4 worden de sterfterisico's rond Schiphol vergeleken met elders in Nederland.
In hoofdstuk 5 wordt verslag gedaan van een internationale workshop waarin de eerder uitgevoerde ultrafijnstof metingen en modellering zijn beoordeeld en suggesties voor verbeteringen zijn aangedragen.
In hoofdstuk 6 worden de resultaten uit hoofdstuk 3 en 4 geduid en worden de resultaten van de ultrafijnstof modellering gebruikt om een uitspraak te doen over de haalbaarheid van een eventueel verdiepend vervolgonderzoek naar sterftecijfers.
In hoofdstuk 7 wordt, mede op basis van input van een workshop van deskundigen, de haalbaarheid van onderzoek naar andere gezondheidseffecten beschreven. Dit leidt tot een voorstel voor vervolgonderzoek.
Het rapport sluit af met conclusies en aanbevelingen (Hoofdstuk 8).

# 2 Werkwijze

## 2.1 Inleiding

Bij de uitvoering van het onderzoek is gebruik gemaakt van sterftecijfers van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) (zie paragraaf 2.3). Hiermee is een retrospectief cohortonderzoek uitgevoerd. Dit betekent dat met eerder geregistreerde gegevens over de omwonenden van Schiphol is teruggekeken in de tijd.

Met de sterftecijfers zijn twee soorten statistische analyses uitgevoerd:
1. De verdeling van sterfterisico's voor 4-cijferige postcodegebieden rondom Schiphol is in kaart gebracht;
2. De sterfterisico's in afgebakende gebieden rondom Schiphol zijn vergeleken met de sterfterisico's elders in Nederland.

In dit hoofdstuk gaan we in op de werkwijze die hierbij is gehanteerd. Achtereenvolgens komen hierbij aan bod: hoe het onderzoeksgebied is afgebakend, welke sterftecijfers zijn onderzocht, met welke andere invloeden rekening is gehouden, hoe de statistische analyses zijn uitgevoerd en hoe de blootstelling in kaart is gebracht.

## 2.2 Selectie onderzoeksgebied

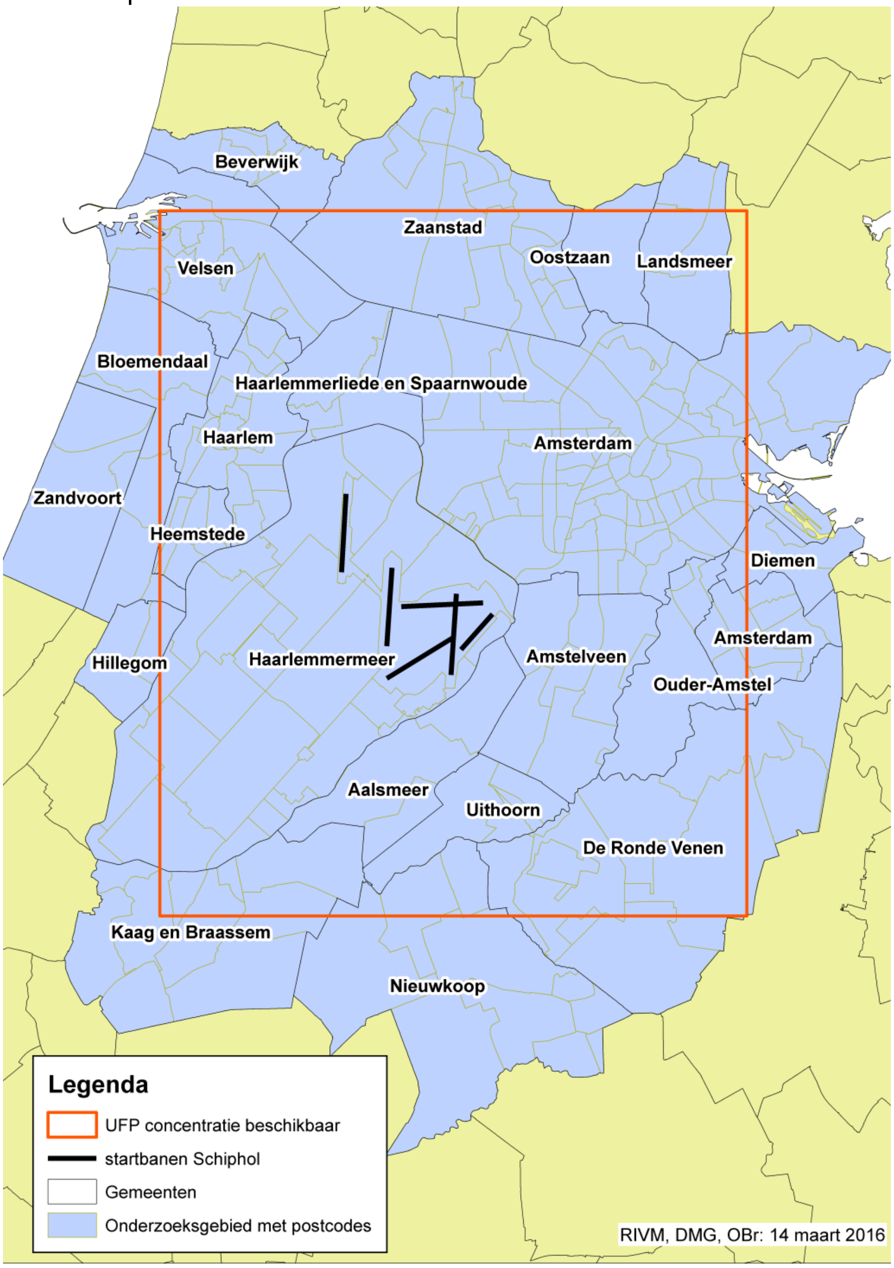
Als onderzoeksgebied zijn alle gemeenten geselecteerd waarvan een deel zich binnen een afstand van 10 km van één van de vijf start- en landingsbanen bevindt. Aan deze selectie zijn gemeenten toegevoegd waarvan zich een belangrijk deel in het gebied van 25 bij 30 kilometer bevindt waarvoor de concentratie aan ultrafijnstof (in het Engels: ultrafine particles, afgekort UFP) afkomstig van vliegverkeer zijn gemodelleerd (ESC, 2015). Dit om te zorgen dat het onderzoeksgebied groot genoeg is om te waarborgen dat er voldoende contrast is in de belasting van UFP afkomstig van vliegverkeer. De gebieden aan de randen van het onderzoeksgebied hebben een lagere belasting aan UFP dan de gebieden die nabij de luchthaven liggen.

In het onderzoek is naar sterfterisico's in postcodegebieden gekeken. Een postcode bestaat in Nederland uit 4 cijfers en 2 letters. De cijfers geven de stad, het dorp, de wijk of de buurt aan. De letters geven (een deel van) de straat aan. In het onderzoek zijn de postcodegebieden gedefinieerd aan de hand van de 4 cijfers.

Het geselecteerde onderzoeksgebied bestaat uit 247 4-cijferige postcodegebieden gelegen in 21 gemeenten. Het onderzoeksgebied is in Figuur 2 in blauw aangegeven. De rechthoek geeft het gebied weer waarbinnen UFP concentraties zijn gemodelleerd.

Het merendeel van de eenentwintig gemeenten ligt in het COROP gebied Groot-Amsterdam: Aalsmeer, Amstelveen, Amsterdam, Diemen, Haarlemmermeer, Landsmeer, Oostzaan, Ouder-Amstel en Uithoorn. Beverwijk en Velzen behoren tot de IJmond. Bloemendaal, Haarlem, Haarlemmerliede en Spaarnwoude, Heemstede en Zandvoort vormen de Agglomeratie Haarlem. De Ronde Venen behoort tot COROP gebied

Utrecht, Hillegom en Kaag en Braassem tot Leiden en Omgeving, Nieuwkoop tot Oost-Zuid-Holland en Zaanstad tot de Zaanstreek.




*Figuur 2: Geselecteerde gemeenten en 4-cijferige postcodegebieden ten opzichte van de luchthaven Schiphol.*

## 2.3 Gegevens over sterfte

Er is gebruik gemaakt van gegevens van het CBS over de 'natuurlijke' en doodsoorzaak-specifieke sterfte in de periode 2004-2011. Voor deze periode was een databestand beschikbaar afkomstig van de DUELS studie (Fischer et al., 2015).

Bij een natuurlijke doodsoorzaak is sterfte door een externe oorzaak (ongevallen, zelfdoding, etc.) uitgesloten. Op basis van de bevindingen uit het literatuuronderzoek (Bezemer et al., 2015) zijn, naast de natuurlijke sterfte, een aantal doodsoorzaken geselecteerd die mogelijk

samenhangen met de blootstelling aan UFP. Dit zijn: sterfte aan hart- en vaatziekten (ICD-10[2]: I00-I99), sterfte aan ziekten van ademhalingswegen (J00-J99) en sterfte aan longkanker (C33-C34).

Uit de bevolking van het onderzoeksgebied is een onderzoeksgroep (cohort) samengesteld die bij de start van de beschouwde onderzoeksperiode (1 januari 2004) 5 jaar of langer op het toenmalige adres woonde. Het cohort is 7 jaar gevolgd (follow-up tot 2011). Alle inwoners die op het moment van de start van het onderzoek 30 jaar of ouder waren zijn 'gevolgd' via de CBS-gegevens. Deze selectie uit de DUELS studie duiden we in dit rapport aan met het Ultra Fijnstof Schiphol (UFS) cohort.

## 2.4 Statistische analyses

In deze paragraaf beschrijven we beknopt de statistische analyses. Voor details verwijzen we naar Fischer et al. (2015) waarin de DUELS studie is beschreven.

*Co-variabelen*
In het onderzoek is rekening gehouden met de invloed van demografische en sociaaleconomische factoren die van invloed kunnen zijn op de sterfte, voor zover deze bij het CBS beschikbaar waren. Deze factoren zijn: leeftijd, geslacht, land van herkomst, burgerlijk staat, gestandaardiseerd huishoudinkomen en verhuisgedrag. Daarnaast is informatie over de sociale status van 4-cijferige postcodegebieden aan de bestanden gekoppeld. Deze status is gebaseerd op de opleiding, het inkomen en de positie op de arbeidsmarkt van de inwoners van een postcode gebied. Het Sociaal Cultureel Planbureau berekent elke vier jaar een score voor deze indicator (Knol, 1998). De factoren worden ook wel co-variabelen genoemd. Er is geen rekening gehouden met leefstijlfactoren zoals rook- eet- of drinkgedrag. Informatie over deze co-variabelen is niet beschikbaar voor het DUELS cohort.

*Incidentie*
Bij cohortonderzoek wordt gebruik gemaakt van het begrip incidentie. Dit is het aantal nieuwe sterfgevallen dat in de loop van een periode optreedt. Deze incidentie wordt gedeeld door het totale aantal levensjaren dat door de betreffende populatie in deze periode is geleefd. Dit incidentiecijfer wordt ook wel hazard of hazard-rate genoemd.

*Model*
De statistische analyse is uitgevoerd met een zogeheten 'Cox proportional hazard model'. Met dit statistische model kan bij vergelijking van de hazard-rates van twee (of meer) verschillende gebieden of postcodes gecorrigeerd worden voor de verschillende co-variabelen. Het effect van het wonen in een bepaald gebied of postcode wordt uitgedrukt als de ratio van twee hazard-rates, of wel de hazard-ratio (HR). Bij de statistische analyses met de postcodes is er rekening mee gehouden dat personen binnen een 4-cijferige postcodegebied mogelijk meer met elkaar gemeen hebben dan met personen uit andere

[2] 10e revisie van de International Classification of Diseases and Related Health Problems (WH0 en WHO FIC, 2015)

4-cijferige postcodegebieden. Hiervoor is een zogeheten 'Shared frailty model' gebruikt, in afwijking van de analyses in de DUELS studie.

*Herleidbaarheid*
Het CBS stelt eisen aan de resultaten die uit hun gegevens worden afgeleid. Eén van die eisen betreft het aantal cases waarop de uitkomsten zijn gebaseerd in verband met de mogelijke herleidbaarheid van de resultaten. Dit heeft als consequentie dat een aantal postcodegebieden (met relatief kleine populaties) in de statistische analyses zijn samengevoegd om te waarborgen dat voor alle sterfte-uitkomsten voldaan wordt aan de eisen van het CBS.

## 2.5 Blootstellingskarakterisering

Voor het beantwoorden van de verschillende vragen is de blootstelling aan UFP van de luchtvaart in het onderzoeksgebied op twee verschillende manieren in beeld gebracht.

- Voor het onderzoek met de sterftecijfers van het UFS cohort is een belasting berekend per 4-cijferig postcodegebied.
- Voor de duiding van de resultaten en het advies over de haalbaarheid van verder onderzoek is ook de blootstelling op woonadressen (binnen postcodegebieden) gebruikt.

De UFP concentraties zijn gemodelleerd voor een gebied van 25 bij 30 km rond Schiphol op een grid van 500 bij 500 m door de gemodelleerde PM10 concentratie afkomstig van vliegverkeer om te rekenen naar UFP concentraties (ESC, 2015). De verhouding tussen PM10 en UFP concentraties is afgeleid uit de UFP metingen die in 2015 plaats vonden (Bezemer et al., 2015). In dit onderzoek is de jaargemiddelde UFP concentratie gebruikt. De UFP concentraties zijn tussen de gridpunten geëxtrapoleerd met Inverse Distance Weighting; buiten het modelleergrid is een waarde van nul toegekend. De contour met een UFP concentratie van 3.000 deeltjes/$cm^3$ ligt geheel in het modelleergebied.

Het onderzoeksgebied rondom Schiphol bestaat deels uit gebieden die nauwelijks door UFP van vliegverkeer worden belast. Het is weinig zinvol voor deze gebieden de sterftecijfers te vergelijken met andere gebieden in Nederland. Daarom is er, voor de vergelijking met de rest van Nederland, voor gekozen deze alleen uit te voeren met de hoger belaste postcodegebieden en met de gebieden die nabij de luchthaven liggen.

De blootstellingskarakterisering heeft populatie gewogen plaatsgevonden. Het zwaartepunt voor ieder postcodegebied wordt hierbij gewogen berekend op basis van de xy-coördinaten van de woonadressen en de geschatte inwonersaantallen per woning. Voor de woonadres coördinaten is gebruik gemaakt van de Basisregistraties Adressen en gebouwen (BAG) uit het voorjaar 2014. Het BAG is verrijkt met informatie over het aantal inwoners per 6 positie postcode, waarna voor ieder woonadres in een 6 positie postcodegebied een gemiddelde woningbezetting is berekend. Vervolgens is voor de xy-zwaartepunten van ieder postcodegebied zowel de afstand tot de dichtstbijzijnde landingsbaan als de gemodelleerde concentratie UFP van vliegverkeer in een Geografisch Informatie Systeem vastgesteld. De centroïde in plaats

van het zwaartepunt is gebruikt voor die postcodegebieden waar geen woonadressen zijn.

De afstand en de UFP belasting per 4-cijferige postcode is vervolgens aangeboden aan het CBS. Deze informatie kwam vervolgens beschikbaar in de (beveiligde) CBS-omgeving waar de statistische analyses naar sterftecijfers plaats vonden. De koppeling tussen UFP belasting en sterfte was zodoende op 4-cijferige postcodeniveau.

In een later stadium zijn de UFP concentraties direct aan de woonadressen uit het betreffende BAG gekoppeld. Op deze wijze kon de verdeling van de blootstelling in het onderzoeksgebied nauwkeuriger worden beschreven en konden nadere analyses voor de duiding en haalbaarheid (binnen het RIVM) worden uitgevoerd.

## 2.6 Workshops

Er zijn ten behoeve van het formuleren van randvoorwaarden voor eventueel vervolgonderzoek twee workshops georganiseerd.
Er is op 3 maart 2016 een internationale workshop georganiseerd om de voor- en nadelen van de gevolgde werkwijze bij het karakteriseren van de UFP concentraties van luchtvaart beter in beeld te brengen en om eventuele verbeteringen hierin te signaleren. Een belangrijk aandachtspunt in de workshop is de representativiteit van de gemodelleerde UFP concentraties voor de blootstelling van omwonenden vóór 2015, het jaar waarin de metingen zijn uitgevoerd. Dit met het oog op onderzoek met bestaande gezondheidsregistratiesystemen waarin gebruik kan worden gemaakt van gezondheidsgegevens verzameld vóór 2015.

Daarnaast is op 17 maart 2016 in een tweede workshop het nut, de noodzaak, de opzet en de haalbaarheid van eventueel vervolgonderzoek besproken.

# 3 Verdeling van het sterfterisico in het onderzoeksgebied

## 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt aan de hand van figuren de verdeling van het sterfterisico in het onderzoeksgebied beschreven zoals dat uit gegevens van het CBS over de periode 2004-2011 is afgeleid. De verdeling van het sterfterisico over het onderzoeksgebied zou, in kwalitatieve zin, inzicht kunnen geven in een mogelijke extra risico op sterfte door blootstelling aan UFP afkomstig van vliegverkeer.

Het onderzoeksgebied telde op 1 januari 2004 1.216.510 inwoners van 30 jaar of ouder. Hiervan woonden 708.818 personen (58,3%) tenminste vijf jaar op hetzelfde adres. Deze inwoners vormden het onderzoekscohort. Een beschrijving van de demografische en sociaal economische kenmerken van dit zogeheten Ultra Fijnstof Schiphol (UFS) cohort en een vergelijking met de kenmerken in het volledige DUELS cohort (afkomstig uit heel Nederland) is opgenomen in Bijlage 3. De cohorten komen in grote lijnen overeen.

In het UFS cohort stierven gedurende de zeven jaar 'follow-up' 67.703 personen aan een 'natuurlijke dood'. Dit betekent dat 9,6% van de onderzoekspopulatie in de periode 2004-2011 is overleden. Tabel 1 geeft een overzicht van de sterftecijfers in het UFS cohort. Een aantal cijfers voor specifieke oorzaken van natuurlijke dood, die mogelijk kunnen samenhangen met blootstelling aan UFP, zijn apart aangegeven.

*Tabel 1 Sterfte en geselecteerde onderliggende doodsoorzaken in de periode 2004-2011 in het UFS cohort (n=708.818)*

| Sterfte en onderliggende doodsoorzaak | Aantal | Als percentage van | |
|---|---|---|---|
| | | UFS cohort | 'Natuurlijke dood' |
| Natuurlijke dood | 67.703 | 9,6 | 100 |
| - Hart- en vaatziekten | 20.532 | 2,9 | 30,3 |
| - Ziekten van de ademhalingswegen | 6.547 | 0,92 | 9,7 |
| - Longkanker | 5.361 | 0,76 | 7,9 |

## 3.2 Samenvoegen postcodegebieden

Zoals in paragraaf 2.4 beschreven, is een aantal postcodegebieden samengevoegd om te voorkomen dat resultaten herleidbaar zijn tot personen. Voor de analyses met natuurlijke sterfte zijn 21 van de 247 postcodegebieden samengevoegd. Voor sterfte aan een hart- en vaatziekte zijn dat 38 postcodegebieden. Dit aantal nam verder toe voor sterfte door ziekten van de ademhalingswegen (64) en voor longkanker (75), omdat de incidentie van deze doodsoorzaken lager is.

Het samenvoegen van de gebieden heeft voorafgaand aan de uitvoering van de analyses plaatsgevonden. Bij postcodegebieden die vanwege het geringe aantal sterfgevallen voor samenvoeging in aanmerking kwamen is handmatig een postcodegebied gezocht dat naastgelegen was en dat

qua UFP belasting zo goed mogelijk overeenkwam. In Bijlage 4 is aangegeven welke postcodes zijn samengevoegd.

Van de 247 postcodegebieden waren er 11 waar geen cohortdeelnemers woonden. Dit zijn het luchtvaartterrein, (industrie)gebieden waar zich geen woonadressen bevinden of postcodes waar op 1 januari 1999 (5 jaar voorafgaand aan de startdatum) nog geen mensen woonden (zoals bijvoorbeeld de wijk IJburg in Amsterdam). Deze postcodegebieden zijn in de komende figuren witgekleurd.

## 3.3 Verdeling van sterfterisico's in het onderzoeksgebied

### *3.3.1 Hazard ratio*

In de volgende paragrafen wordt achtereenvolgens ingegaan op de verdeling van de risico's voor natuurlijke sterfte en voor sterfte door drie doodsoorzaken (hart- en vaatziekten, ziekten van de ademhalingswegen en longkanker). In de figuren zijn altijd alle afzonderlijke 247 postcodegebieden vermeld. Wanneer in een statistische analyse postcodegebieden zijn samengevoegd, hebben de samengevoegde postcodegebieden in het betreffende figuur hetzelfde resultaat gekregen.

Voor de sterftecijfers is per doodsoorzaak de hazard-ratio (HR) weergeven. Per postcode geeft deze HR de relatieve verhoging of verlaging aan ten opzichte van het gemiddelde sterfterisico van alle postcodegebieden in het onderzoeksgebied. De HR is gecorrigeerd voor demografische factoren en gestandaardiseerd huishoudinkomen.

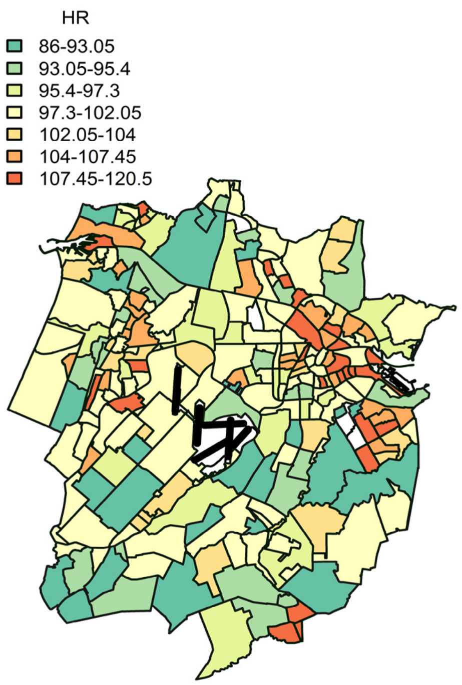
De postcodegebieden die oranje of rood zijn gekleurd hebben een HR groter dan 100% (hoger sterfterisico dan gemiddeld), (licht) groengekleurde postcodegebieden een verlaagd risico. De HR is een relatieve maat. Er zijn geen 'harde' grenzen voor een verhoging of een verlaging. Vandaar dat is gekozen voor een indeling van de categorieën van de HR op basis van percentielen. De uiterste categorieën betreffen de bovenste en onderste 10% van de HR's (1-10 en 91-100 percentiel). De volgende categorie betreft de volgende 10% van de verdeling (11-20 en 81-90 percentiel); de daaropvolgende het 21-30 en 71-80 percentiel. De middelste categorie bevat de middelste 40% van de verdeling van HR's (31-70 percentiel). Deze middencategorie is geel gekleurd.

Het wil niet zeggen dat elke verhoging of verlaging ook een daadwerkelijke afwijking van het gemiddelde sterfterisico is. De sterfterisico's per postcodegebied zijn gebaseerd op een observatieperiode van 7 jaar (2004-2011) maar kennen desondanks een relatief grote onnauwkeurigheid omdat de risico's op een relatief klein aantal sterftegevallen per postcode zijn gebaseerd (gemiddeld ca. 40 per jaar). De onzekerheid van de HR is over het algemeen groter in postcodegebieden met een kleine populatie dan de HR van postcodegebieden met veel bewoners. De onzekerheid in de HR is in het rechter deel van de figuur als overschrijdingskans weergegeven. Dit is de kans dat de werkelijke HR van de postcode hoger is dan het gemiddelde. Naarmate de overschrijdingskans richting de 1 oploopt, wordt het minder aannemelijk dat een gevonden verhoging op toeval berust. Het (donker) paars duidt op een verhoging van het HR die neigt naar statistische significantie. Andersom wijst een overschrijdingskans

die richting de 0 gaat op een verlaagde HR. Het (donker) groen wijst op een HR die tendeert naar een statistisch significante verlaging. De groene en paarse categorieën van de overschrijdingskans beginnen bij een overschrijdingskans kleiner dan 0,10 of groter dan 0,90. Bij dergelijke kansen, spreken we eerder van een signaal dan van statistische significantie. Er is gekozen ruimere klassegrenzen aan te houden zodat de variatie in de overschrijdingskans in het onderzoeksgebied goed kan worden weergegeven.

Bij de beschrijving van de resultaten noemen we alleen die postcodegebieden die nabij Schiphol liggen en die een HR hebben die statistisch significant van 100% afwijkt op basis van het 95% betrouwbaarheidsinterval. Voor het vaststellen van risico's rond een puntbron wordt vaak een afstand van 2 en 7,5 km aangehouden (Aylin et al., 1999). Deze criteria hebben we voor het begrip 'nabije' aangehouden, waarbij de afstand is beschouwd tussen het zwaartepunt van het postcodegebied en de dichtstbijzijnde start- of landingsbaan. In totaal zijn er 6 postcodegebieden binnen de 2 kilometer en 84 tussen de 2 en 7,5 km.

### 3.3.2 *Natuurlijke Sterfte*




*Figuur 3: Verdeling van risico voor natuurlijke sterfte over het onderzoeksgebied uitgedrukt als hazard ratio (links) en als overschrijdingskans van de hazard ratio (rechts), na correctie voor demografische factoren en gestandaardiseerd huishoudinkomen.*

Uit de legenda van het linker kaartje in Figuur 3 blijkt dat de hazard ratio (HR) varieert tussen de 86 en 121%. Er zijn postcodegebieden waar het sterfterisico tot 14% is verlaagd of tot 21% is verhoogd ten opzichte van het gemiddelde risico (100%) in het onderzoeksgebied. Uit het figuur komt het beeld naar voren dat in de stedelijke omgevingen

van Haarlem en Amsterdam en in de IJmond meer postcodegebieden voorkomen met een verhoogd sterfterisico (oranje/rood in linker kaartje) dan elders in het onderzoeksgebied.

Zoals eerder aangegeven is niet elke verlaging of verhoging statistisch significant; dit hangt mede af van de populatieomvang van het gebied dus van de nauwkeurigheid waarmee de verhoging (of verlaging) kan worden vastgesteld. Postcodegebieden met een overschrijdingskans die richting de 1 gaat, treffen we met name aan in de gemeente Amsterdam.

Er worden binnen de 2 km geen statistisch significante verlagingen of verhogingen in het sterfterisico aangetroffen.
Van de 84 postcodegebieden tussen 2 en 7,5 km zijn er 3 die een statistisch significant verhoogd sterfterisico hebben. Dit zijn postcodegebied Cruquius, gemeente Haarlemmermeer (HR=121% met een 95% betrouwbaarheidsinterval van 107-136%), postcodegebied Boerhaavewijk, gemeente Haarlem (HR=112%, 95% betrouwbaarheidsinterval: 103-122%) en postcodegebied Middelveldsche Akerpolder, gemeente Amsterdam (HR=106%, 95% betrouwbaarheidsinterval: 100-113%). Deze postcodegebieden hebben een sterfterisico dat respectievelijk 21, 12 en 6% verhoogd is ten opzichte van het gemiddelde sterfterisico in het gehele onderzoeksgebied. Deze drie postcodegebieden behoren in het rechterkaartje in Figuur 3 tot de donker paars gekleurde gebieden.

Er is één postcodegebied binnen de 2 km waar het sterfterisico statistisch significant (met 12%) is verlaagd. Dit is de Noordoost-Boezem, gemeente Aalsmeer (HR=88%, 95% betrouwbaarheidsinterval: 79-97%).
Binnen 7,5 km zijn er ook nog 4 postcodegebieden die een statistisch significant verlaagde HR hebben. Dit zijn Kudelstaart, gemeente Aalsmeer (HR=88%, 95% betrouwbaarheidsinterval 78-98%), Elsrijk-West (HR=92%, 95% betrouwbaarheidsinterval 87-97%) en Bovenkerk (HR=91%, 95% betrouwbaarheidsinterval 83-99%), gemeente Amstelveen, en Toolenburg, gemeente Hoofddorp (HR=90%, 95% b.t.b.i 82-99%). De sterfterisico's zijn hier respectievelijk 12, 8, 9 en 10% verlaagd ten opzichte van het gemiddelde risico in het gehele gebied.

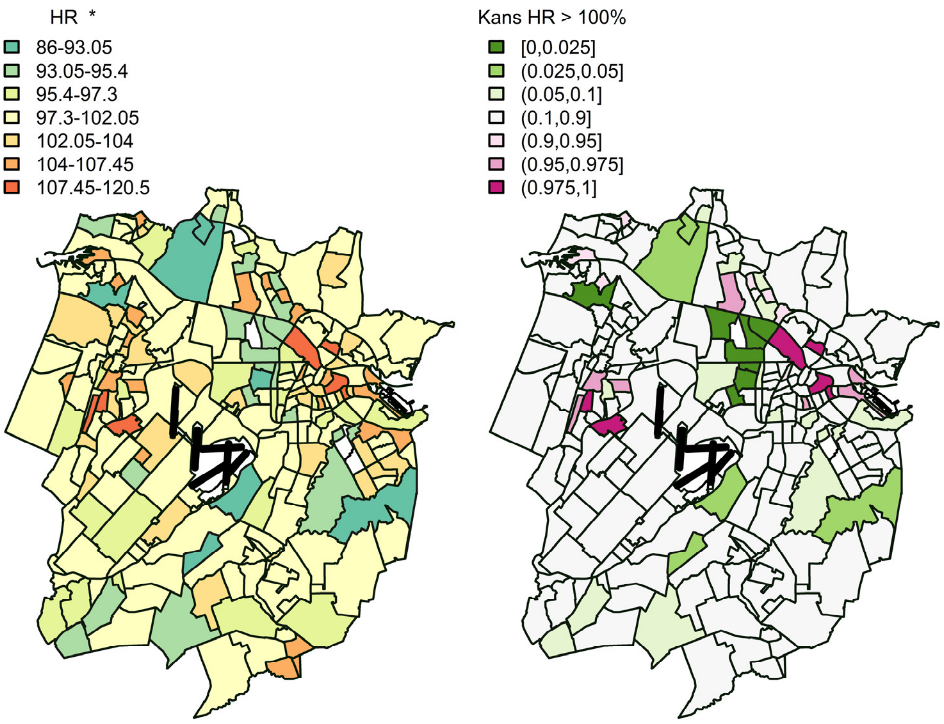
In Figuur 4 is wederom de HR per postcodegebied weergegeven, waarbij naast demografische factoren en gestandaardiseerd huishoudinkomen, nu ook gecorrigeerd is voor de sociale status van de postcodegebieden.

In Figuur 4 is dezelfde klasse-indeling voor de hazard ratio (HR) aangehouden als in Figuur 3. De verschillen in sterfterisico tussen de postcodegebieden worden door de correctie voor sociale status kleiner: Figuur 4 is egaler van kleur dan Figuur 3. De verhogingen in Haarlem, Amsterdam en in de IJmond zijn minder uitgesproken dan in Figuur 3. De opname van sociale status in de statistische analyses leidt er toe dat de overschrijdingskans van de HR verandert.

In de omgeving van het luchtvaartterrein zijn er postcodegebieden waarvan het sterfterisico verhoogd of verlaagd is. Van de 90

postcodegebieden binnen 7,5 km hebben er 19 een HR die meer dan 2% is verhoogd en zijn er 23 postcodegebieden waar de HR meer dan 2% is verlaagd.
De HR van het postcodegebied Cruquius daalt van 121% naar 112% (95% betrouwbaarheidsinterval: 102-123%). De HR van de Boerhaavewijk en van de Middelveldsche Akerpolder zijn niet langer statisch significant verhoogd. Het postcodegebied Heemstede centrum is nu ook statistisch significant met 8% verhoogd (HR=108, 95% b.t.bt. 102-116%).

De postcodegebieden binnen de 7,5 km die eerder een statistisch significant verlaagd risico hadden, zijn dat, na correctie voor sociale status, niet langer. Wel zijn binnen de 7,5 km de HR in Osdorp-Oost (HR=93%, 95%BTBI: 88-98%), Slotermeer-Noordoost (HR=94%, 95% b.t.bi. 88-99%) en Slotermeer-Zuidwest (HR=90%, 95% betrouwbaarheidsinterval 85-96%) in de gemeente Amsterdam statistisch significant verlaagd.




*Figuur 4: Verdeling van risico voor natuurlijke sterfte over het onderzoeksgebied uitgedrukt als hazard ratio (links) en als overschrijdingskans van de hazard ratio (rechts), na correctie voor demografische factoren, gestandaardiseerd huishoudinkomen en sociale status van het postcodegebied.*

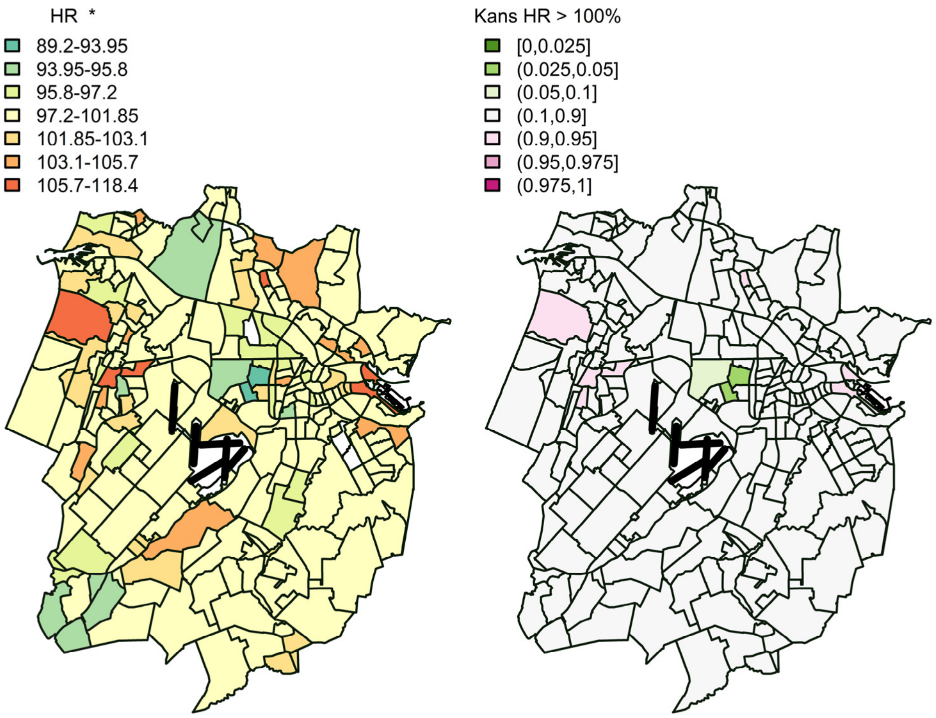
Noch in Figuur 3, noch in Figuur 4 is er sprake van een duidelijk zichtbaar patroon van verhoogde hazard ratio’s voor natuurlijke sterfte rondom het luchtvaartterrein.

### 3.3.3 *Sterfte aan een hart- en vaatziekte*

We geven voor de doodsoorzaak specifieke sterfte uitsluitend de figuren weer waarbij de sociale status van het postcodegebied in de statistische analyses in beschouwing is genomen. Dit geeft een beter beeld van mogelijk milieu-gerelateerde verhogingen of verlagingen in het gebied, dan wanneer de correctie voor sociale status achterwege wordt gelaten. Volledigheidshalve zijn in Bijlage 5 de figuren opgenomen waarin niet voor sociale status is gecorrigeerd.

In Figuur 5 zijn de risico's voor de sterfte aan hart- en vaatziekten weergegeven waarbij de sociale status van het postcodegebied in de statistische analyses in beschouwing is genomen. Het aantal postcodegebieden waarin een signaal voor een verhoging van het risico wordt gevonden is geringer dan voor natuurlijke sterfte het geval is.

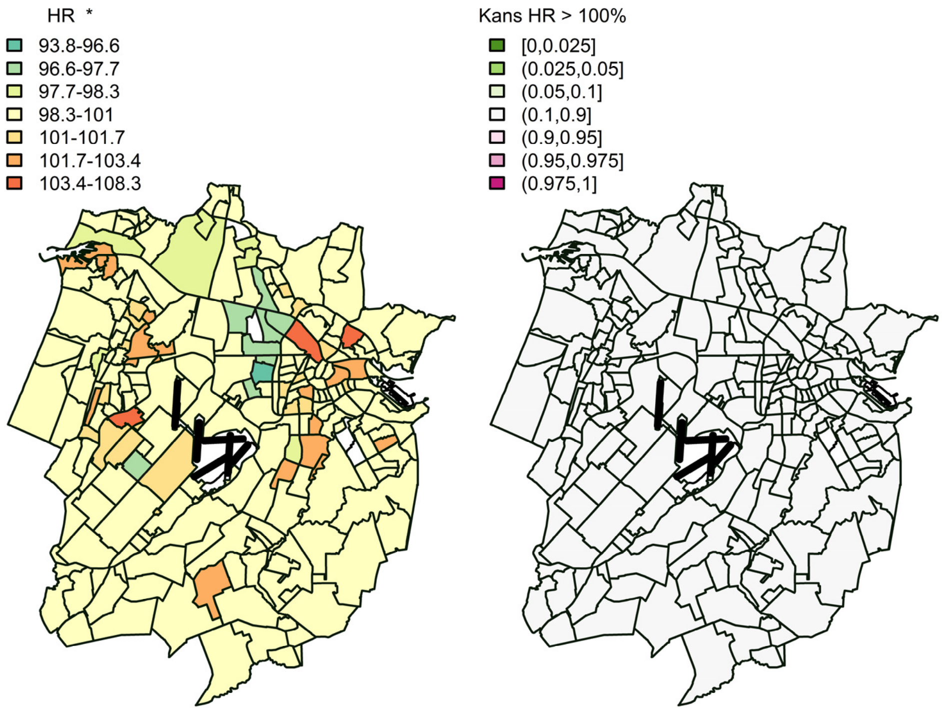
In Figuur 5 is er geen duidelijk patroon herkenbaar dat wijst op een systematische verhoging van de HR voor sterfte aan hart- en vaatziekten rondom het luchthaventerrein (linkerdeel).
Er zijn geen postcodegebieden binnen de 7,5 km waar het sterfterisico statistisch significant verlaagd of verhoogd is (rechterdeel).




*Figuur 5: Verdeling van risico voor sterfte aan een hart- en vaatziekte over het onderzoeksgebied uitgedrukt als hazard ratio (links) en als overschrijdingskans van de hazard ratio (rechts), na correctie voor demografische factoren, gestandaardiseerd huishoudinkomen en sociale status van het postcodegebied.*

### 3.3.4 *Sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen*

Verhoogde HR's voor sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen worden nauwelijks in het onderzoeksgebied gevonden wanneer voor sociale status van het postcodegebied is gecorrigeerd (zie figuur 6).
In Figuur 6 kan geen onderscheidbaar patroon van verhoogde HR's voor sterfte voor ziekten van de ademhalingswegen nabij het luchtvaartterrein worden opgemerkt.
Er zijn geen postcodegebieden binnen de 7,5 km waar het sterfterisico voor ziekten van de ademhalingswegen statistisch significant verlaagd of verhoogd is.




*Figuur 6: Verdeling van risico voor sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen over het onderzoeksgebied uitgedrukt als hazard ratio (links) en als overschrijdingskans van de hazard ratio (rechts), na correctie voor demografische factoren, gestandaardiseerd huishoudinkomen en sociale status van het postcodegebied.*

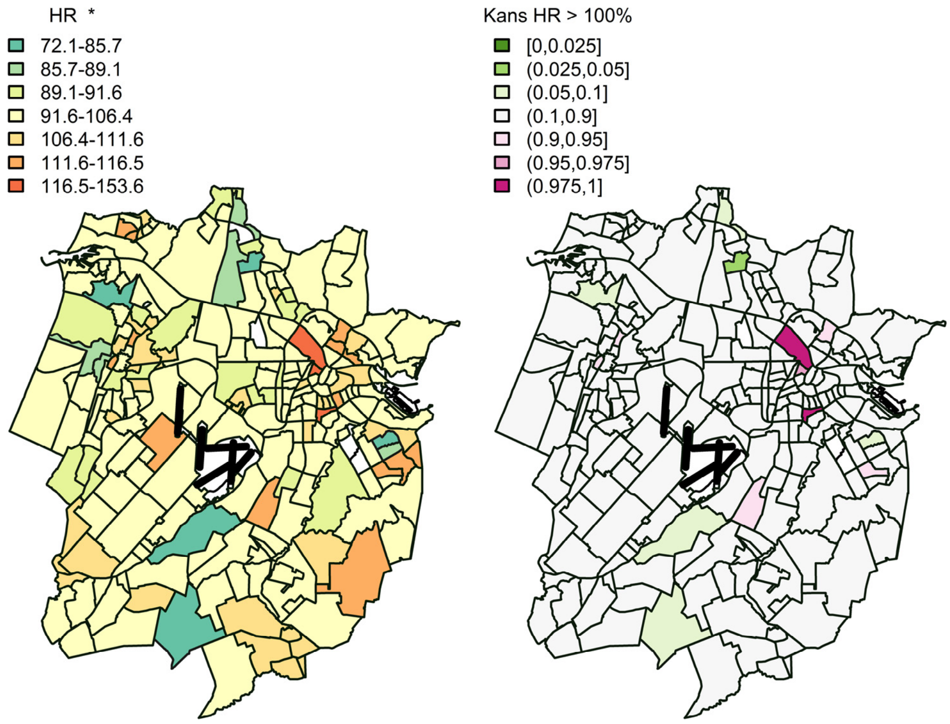
### 3.3.5 *Sterfte aan longkanker*

In Figuur 7 zijn de HR's van sterfte aan longkanker weergegeven.

Verhogingen én verlagingen van het sterfterisico treffen we in het gehele onderzoeksgebied aan, ook rond het luchthaventerrein. In Amsterdam, worden verhogingen wat frequenter aangetroffen dan elders in het gebied.

Binnen de 7,5 km is er één postcodegebied waar het sterfterisico voor longkanker statistisch significant is verhoogd: Scheldebuurt in de gemeente Amsterdam (HR=120%, 95% betrouwbaarheidsinterval 101-144%).

Ook voor sterfte door longkanker is er geen patroon te identificeren dat wijst op systematisch verhoogde HR's in postcodes nabij het luchtvaartterrein.




*Figuur 7: Verdeling van risico voor sterfte aan longkanker over het onderzoeksgebied uitgedrukt als hazard ratio (links) en als overschrijdingskans van de hazard ratio (rechts), na correctie voor demografische factoren, gestandaardiseerd huishoudinkomen en sociale status van het postcodegebied.*

## 3.4 Discussie en conclusies

Om meer inzicht te krijgen in hoeverre UFP afkomstig van vliegverkeer een risico kan vormen voor de gezondheid voor omwonenden van Schiphol, zijn analyses uitgevoerd met sterftecijfers van het CBS over de periode 2004-2011. Door de uitkomsten van deze analyses te presenteren als een kaart is de eerste vraag uit de inleiding van de rapportage beantwoord: "Wat zijn de sterftecijfers in de periode 2004-2011 in de postcodegebieden rondom Schiphol waar de ultrafijnstof concentratie verhoogd is door de luchtvaart?".

Naast de natuurlijke sterfte, zijn een aantal doodsoorzaken geselecteerd die mogelijk met blootstelling aan UFP samenhangen. Dit zijn sterfte aan hart en vaatziekten, aan ziekten van de ademhalingswegen en aan longkanker. Verhogingen en verlagingen van het sterfterisico zijn in verschillende postcodegebieden gevonden, zowel nabij Schiphol als op grotere afstand.

Voor natuurlijke sterfte treffen we binnen 7,5 km van het luchtvaartterrein twee postcodes aan die, na correctie voor sociale

status van het postcodegebied, een statistisch significant verhoogde HR hebben. De toename van het sterfte risico is 12 en 8%. Daarnaast treffen we 17 geïsoleerde, niet statistisch significante, verhogingen tussen de 2-8% aan.

Uit de kaartjes komen geen systematische patronen in de sterfterisico's van postcodegebieden naar voren die wijzen op een samenhang van het sterfterisico met de afstand tot het luchthaventerrein. De nadere oorzaak van de verhogingen elders in het onderzoeksgebied zijn niet nader onderzocht omdat dit buiten de onderzoeksvraag valt.

### *3.4.1 Vergelijking met eerdere resultaten rond Schiphol*

De bevindingen over de verdeling van de sterfterisico's in het onderzoeksgebied komen overeen met eerdere bevindingen uit onderzoek met ziekenhuisgegevens uit de periode 1991-2004 van postcodegebieden rond Schiphol. Daarin was eveneens geen consistent ruimtelijk patroon te ontdekken met de afstand tot de luchthaven.

Sinds de jaren '90 zijn geregeld risico's voor gezondheidseindpunten in de omgeving van Schiphol op een kaart gezet. In 1993 beschreef de eerste Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES) de gezondheidstoestand van omwonenden van Schiphol op basis van gegevens uit bestaande gezondheidsregistratiesystemen (Staatsen et al., 1993). Het rapport bevat negen kaarten over het risico op diverse hart- en vaataandoeningen en ziekten van de ademhalingswegen. Deze kaarten waren gebaseerd op ziekenhuisontslagdiagnoses uit 1991. De conclusie was dat in de nabijheid van Schiphol niet meer ziekenhuisopnames voor hart- en vaatziekten en luchtwegen plaats vinden dan elders in het studiegebied. Sterftecijfers waren destijds alleen beschikbaar op regio- of gemeenteniveau. Dit aggregatieniveau werd, gezien het blootstellingscontrast in het onderzoeksgebied, als te grof beschouwd om sterfterisico's op een zinvolle manier te presenteren.

In 1998 verscheen een aanvulling op de analyses uit 1993 (Staatsen et al., 1998). Er werden gegevens over een langere periode gebruikt (1991-1993) en de methodologie van de statistische analyses werd verbeterd. De resultaten van de analyses lieten in het studiegebied een grote ruimtelijke spreiding zien in ziekenhuisgegevens van hartvaatziekten en luchtwegaandoeningen die in de meeste gevallen gebaseerd was op toevalsfluctuaties. Voor de meeste van de bestudeerde aandoeningen was geen consistent ruimtelijk patroon zichtbaar dat zou kunnen samenhangen met de nabijheid van de luchthaven. Voor 'totaal hartvaatziekten', 'bovenste luchtwegaandoeningen' en 'acute luchtweginfecties' was er in enkele gebieden wel sprake van enige consistentie in het patroon in de tijd, voor zowel mannen als vrouwen. Duidelijke clustering rond de luchthaven leek bij deze aandoeningen niet op te treden. Er konden geen uitspraken worden gedaan over de oorzaken van het waargenomen patroon door het ontbreken van belangrijke co-variabelen van de onderzochte aandoeningen, zoals sociaaleconomische status en leefstijlfactoren.

In 2006 zijn resultaten van onderzoek met ziekenhuisopnamen (uit de periode 1995-2004) in de vorm van kaartjes gepresenteerd (Houthuijs

en van Wiechen, 2006). De nadruk in de rapportage lag op de kwantitatieve relatie tussen de belasting aan vliegtuiggeluid en ziekenhuisopnamen voor hart- en vaataandoeningen en tussen de afstand tot de luchthaven (als proxy voor de blootstelling aan luchtverontreiniging) en opnamen voor luchtwegaandoeningen. De kans op een ziekenhuisopname voor een hart- en vaatziekte bleek niet of nauwelijks te worden beïnvloed door vliegtuiggeluid. Er werd geen relatie gevonden tussen de afstand tot Schiphol en het risico op ziekenhuisopnamen voor de verschillende luchtwegaandoeningen. Uitzondering waren acute infecties van bovenste luchtwegen. Bij een verdubbeling van de afstand tot de luchthaven nam de kans op deze infecties met 6% af. Ruimtelijk bleken deze infecties niet duidelijk rondom Schiphol te zijn geclusterd. Ook trad de samenhang niet binnen de eerste 25 kilometer rond de luchthaven op. Hierdoor werd het niet aannemelijk geacht dat het verhoogde risico voor deze luchtweginfecties een directe relatie met luchtverontreiniging door vliegverkeer had. Het voorkomen van hart- en vaataandoeningen is destijds niet in relatie tot afstand geanalyseerd, maar alleen in samenhang tot de geluidbelasting.

### *3.4.2 Zwakke en sterke punten van het onderzoek*

In vergelijking met deze eerder uitgevoerde studies rond Schiphol, kent het uitgevoerde onderzoek met de sterftecijfers twee belangrijke verbeteringen. Ten eerste was het nu mogelijk op individueel niveau te corrigeren voor een aantal relevante co-variabelen zoals burgerlijke status, land van herkomst en (gestandaardiseerd) huishoudelijk inkomen. Dit betekent dat de kans op vertekening van de hazard ratio’s minder groot is dan in de vorige onderzoeken het geval was. Ten tweede is van alle deelnemers van het cohort bekend dat zij in de periode 1-1-1999 tot 1-1-2004 op hetzelfde adres in het onderzoeksgebied woonden. De veronderstelling bij de toepassing van dit selectiecriterium is dat de toenmalige blootstelling relevant is voor het sterfterisico dat daarna optreedt, ook als wordt verhuisd. Dit is een gebruikelijk aanpak in cohortonderzoek die ook in de DUELS studie is toegepast.

Een tekortkoming is dat informatie ontbreekt over individuele leefstijlfactoren die een risico vormen voor sterfte. Het is niet mogelijk de resultaten te corrigeren voor bijvoorbeeld roken. Het kan niet worden uitgesloten dat de resultaten in postcodegebieden hierdoor worden vertekend.
Uit Nederlands onderzoek is bekend dat er een samenhang is tussen rookgewoonten en sterfte wanneer informatie over die rookgewoonten tientallen jaren eerder is verzameld. Recente gegevens over roken hebben een veel minder sterke samenhang met sterfte (Kunst et al., 1993). Voor zover bekend zijn er voor het onderzoeksgebied geen registraties beschikbaar waaruit rookgewoonten uit het verleden zijn af te leiden. We verwachten dat we in de toekomst wel informatie over (recente) rookgewoonten kunnen gebruiken, zodat in cohorten die later in de tijd beginnen beter voor het effect van ontbrekende leefstijlfactoren gecorrigeerd kan worden.

Een beperking van het onderzoek is dat niet gekeken is naar de relatie tussen UFP blootstelling van vliegverkeer op het woonadres en het sterfterisico. Gezien de korte doorlooptijd die voor de uitvoering van het onderzoek beschikbaar was, maakte deze activiteit geen onderdeel uit

van de vraagstelling. Ook was bij de uitvoering van de statistische analyses nog niet bekend of de in 2015 gemodelleerde UFP concentraties representatief waren voor de blootstelling in de periode 1999-2003. Op deze representativiteit wordt in hoofdstuk 5 teruggekomen.

Een tweede beperking is dat de milieubelasting van andere bronnen niet in het onderzoek is meegenomen. Er zijn andere bronnen van UFP zoals wegverkeer, industrie en internationale scheepvaart. De bijdragen van deze bronnen aan de concentraties UFP in het onderzoeksgebied, en hun mogelijke invloed op de sterfterisico's, zijn niet bekend. Daarnaast is er blootstelling aan andere luchtverontreinigingscomponenten en aan geluid. In een eventueel vervolgonderzoek kan hier wel rekening mee gehouden worden.

#### *3.4.3 Rol van sociale status van het postcodegebied*

Uit Figuur 4 komt het beeld naar voren dat de verhoogde sterfterisico's vooral in verstedelijkte omgevingen zijn te vinden. Zodra ook gecorrigeerd wordt voor sociale status van het postcodegebied, valt een deel van deze verhogingen weg. De verschillen in hazard ratio's van de postcodegebieden worden kleiner. Dit komt overeen met de resultaten van eerder onderzoek (van Hooijdonk et al., 2007).
Standaard indicatoren voor sociaaleconomische status (SES) zijn opleiding, inkomen en beroepsstatus. In Nederland wordt opleiding meestal als indicator voor SES gebruikt (Boshuizen et al., 2014).
In het onderzoek is (gestandaardiseerd) huishoudinkomen als indicator voor individuele SES gebruikt, omdat deze voor (vrijwel) de gehele bevolking beschikbaar is. De gebruikte sociale status indicator is gebaseerd op de opleiding, het inkomen en de positie op de arbeidsmarkt van de inwoners van een postcodegebied en vertegenwoordigt daarom, meer dan het huishoudinkomen, de culturele dimensie die mogelijk het meest met leefstijlfactoren samenhangt. Daarom worden de resultaten die gecorrigeerd zijn voor de sociale status van het postcodegebied als het meest realistisch beschouwd.

#### *3.4.4 Samenvattend*

Uit de kaartjes komen geen systematische patronen in het sterfterisico's van postcodegebieden naar voren die wijzen op een consistent patroon van het sterfterisico rondom het luchthaventerrein. Er worden binnen 7,5 km van het luchtvaartterrein geïsoleerde verhogingen van het risico voor natuurlijke sterfte in de ordegrootte van 2-12% aangetroffen. Ook worden binnen de 7,5 km vrijwel eenzelfde aantal verlagingen tussen de 2 en 10% gevonden. Deze verhogingen of verlagingen zijn zelden statistisch significant. Dit kan mede het gevolg zijn van de onzekerheden in de sterfterisico's door de geringe populatieomvang in postcodegebieden.

De resultaten uit deze studie passen bij eerdere resultaten met ziekenhuisopnamen voor hart- en vaatziekten en ziekten van de ademhalingswegen uit de periode 1991-2004, waaruit ook geen ruimtelijk patroon te detecteren viel rondom de luchthaven. In de huidige studies kon beter dan voorheen worden gecorrigeerd voor individuele demografische en sociaaleconomische factoren en –op groepsniveau – sociale status (samenhangend met leefstijlfactoren) die

ook van invloed kunnen zijn op sterfte. Een tekortkoming is dat specifieke informatie over leefstijlfactoren niet beschikbaar was.

# 4 Vergelijking van het sterfterisico met elders in Nederland

## 4.1 Inleiding

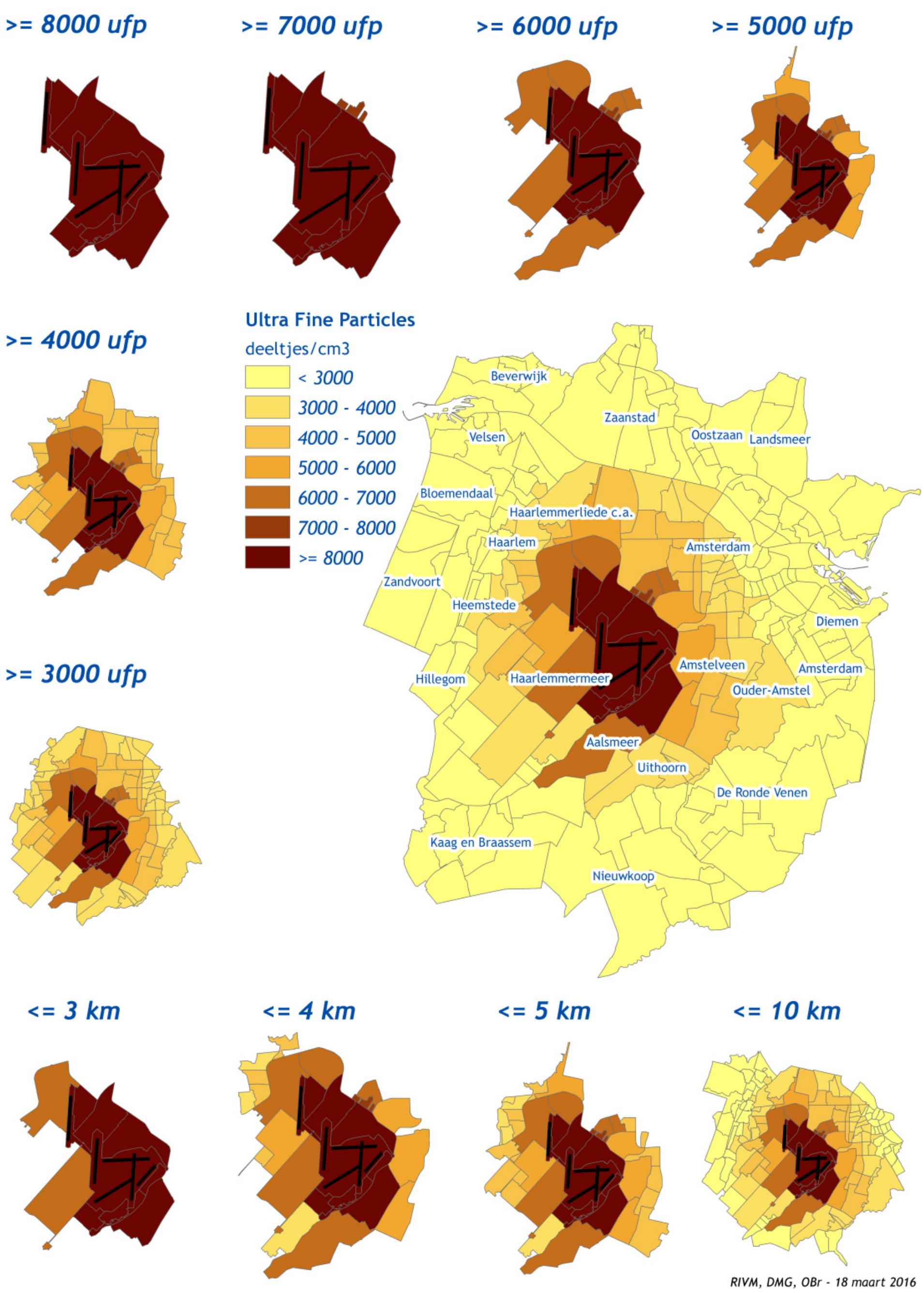
In dit hoofdstuk wordt ingegaan op of het sterfterisico in het onderzoeksgebied verschilt van andere gebieden in Nederland, waarbij het onderzoeksgebied elke keer anders wordt ingedeeld op basis van de berekende UFP belasting of op grond van afstand tot de luchthaven. Dit is gedaan om te verkennen of er een gebied nabij de luchthaven is waarvan de sterfterisico's afwijken van wat kan worden verwacht op grond van sterfterisico's elders in Nederland.

## 4.2 Deelgebieden

Voor de vergelijking met de sterftecijfers elders in Nederland, is het onderzoeksgebied opgesplitst in deelgebieden op grond van de gemodelleerde UFP belasting of de afstand tot de luchthaven. Door deze indeling te maken, kan een eerste beeld worden gekregen of een hogere belasting aan UFP samenhangt met een hoger risico op sterfte in de onderzoeksperiode. Voor de 247 4-cijferige postcodegebieden zijn de resultaten van de blootstellingskarakterisering in Figuur 8 weergegeven.

De jaargemiddelde concentratie op het zwaartepunt van de postcodegebieden is midden in het figuur weergegeven in klassen van 1.000 deeltjes/$cm^3$.

In Figuur 8 zijn eveneens de indicatoren weergegeven die gebruikt zijn om het onderzoeksgebied nader af te bakenen voor de vergelijking van de sterftecijfers met gebieden elders in Nederland.
Dit zijn indicatoren op basis van de jaargemiddelde UFP belasting afkomstig van vliegverkeer (≥3.000, ≥4.000, ≥5.000, ≥6.000, ≥7.000 en ≥8.000 deeltjes/$cm^3$) en indicatoren op basis de afstand van het postcodegebied tot de dichtstbijzijnde start- en/of landingsbaan (≤3, ≤4, ≤5 en ≤10 km).




*Figuur 8: Jaargemiddelde UFP belasting afkomstig van vliegverkeer in het onderzoeksgebied en verschillende deelgebieden daarbinnen geselecteerd op basis van de UFP belasting of de afstand tot de luchthaven.*

De indeling van de UFP categorieën naar gemeente en 4-cijferig postcodegebied is te vinden in Bijlage 6. In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de blootstellingsverdeling in het UFS cohort op basis van de indicatoren per 4-cijferige postcode.

*Tabel 2: Aantal personen in UFS cohort naar UFP belasting en naar afstand.*

| **Belasting** | **UFS cohort Aantal** | **%** | **Cumulatief** |
|---|---|---|---|
| *UFP vliegverkeer* | | | |
| ≥8.000 deeltjes/cm$^3$ | 9.574 | 1.35 | 9.574 |
| ≥7.000 – 8.000 | 2.419 | 0,34 | 11.993 |
| ≥6.000 – 7.000 | 29.395 | 4,15 | 41.388 |
| ≥5.000 – 6.000 | 22.124 | 3,12 | 63.512 |
| ≥4.000 – 5.000 | 78.749 | 11,1 | 142.261 |
| ≥3.000 – 4.000 | 134.330 | 19,0 | 276.591 |
| ≥2.000 – 3.000 | 297.240 | 41,9 | 573.831 |
| <2.000 deeltjes/cm$^3$ | 134.987 | 19,0 | 708.818 |
| | | | |
| *Afstand* | | | |
| ≤ 3 km | 15.316 | 2,16 | 15.316 |
| 3- 4 km | 62.619 | 8,83 | 77.935 |
| 4-5 km | 53.563 | 7,56 | 131.498 |
| 5-10 km | 314.944 | 44,4 | 446.442 |
| >10 km | 262.376 | 37,0 | 708.818 |

## 4.3 Vergelijking van de sterfterisico's

### *4.3.1 Inleiding*

Voor statistische vergelijking binnen Nederland wordt veelal gebruik gemaakt van zogeheten COROP[3] gebieden. In totaal zijn er in Nederland 40 COROP-gebieden. In de sub paragrafen wordt het risico voor de natuurlijke sterfte en de sterfte voor drie doodsoorzaken (hart- en vaatziekten, ziekten van de ademhalingswegen en longkanker) in het onderzoeksgebied vergeleken met die in de COROP-gebieden.

In iedere paragraaf zijn twee figuren te vinden. In het eerste figuur is de hazard ratio (HR) van een verzameling van verschillende postcodes uit het onderzoeksgebied en van de verschillende COROP gebieden weergegeven. De verzameling van postcodes is daarbij steeds op een andere manier gedefinieerd. De selectie vond plaats op basis van de UFP belasting afkomstig van vliegverkeer in het postcodegebied (≥3.000, ≥4.000, ≥5.000, ≥6.000, ≥7.000 en ≥8.000 deeltjes/cm$^3$).

De HR van de provincie Zeeland kent in het eerste figuur geen betrouwbaarheidsinterval, omdat deze provincie in de statistische analyse als referentie is gebruikt: Zeeland kent namelijk over het algemeen een laag sterfterisico voor verschillende doodsoorzaken. De twee COROP-gebieden in de provincie Zeeland (Zeeuws-Vlaanderen en Overige Zeeland) zijn ten behoeve van deze analyse samengevoegd omdat ze beiden relatief klein zijn en hun resultaten meestal ongeveer overeenkomen. De HR van het referentiegebied (in dit geval Zeeland) wordt meestal met de waarde 1 (of met 100%) aangeduid. In dit geval is ervoor gekozen de HR's zo om te rekenen dat de verzameling van postcodegebieden, die de blootstellingscategorie vormt, altijd de waarde 100% heeft. Dit vergemakkelijkt de vergelijking met COROP-gebieden.

[3] De COROP-indeling wordt gebruikt voor analytische doeleinden. De naam COROP komt van Coördinatie Commissie Regionaal OnderzoeksProgramma.

De statistische analyse is ten behoeve van het tweede figuur herhaald met de verzameling van postcodebieden als referentie. De HR van de overige COROP gebieden is ten opzichte van deze referentie uitgedrukt. Het nadeel van deze analyse is dat de onzekerheid in de HR van de verzameling van postcodegebieden niet wordt weergegeven. Indirect is de onzekerheid wel in de figuren terug te vinden omdat deze verdisconteerd is in de grootte van het betrouwbaarheidsinterval van de HR van de overige gebieden. Het voordeel van deze weergave is dat eenvoudig de statistische significantie kan worden weergegeven van de COROP-gebieden ten opzichte van de verzameling van postcodes. Wanneer 100% (aangegeven door een gestreepte verticale lijn) geen deel uitmaakt van het 95% betrouwbaarheidsinterval van de HR van een COROP-gebied, dan is er sprake van een statistisch significant verschil. Dit wordt met de kleuren rood (verhoogd) en groen (verlaagd) aangegeven.

In het tweede figuur zijn alleen de resultaten van de direct nabijgelegen COROP-gebieden weergegeven (Groot-Amsterdam, Agglomeratie Haarlem, Zaanstreek, Utrecht, IJmond, Het Gooi en Vechtstreek, Oost-Zuid-Holland en de Agglomeratie Leiden en omgeving). De resultaten in het tweede figuur zijn namelijk min of meer een uitvergroting van de resultaten uit het eerste figuur.

In de figuren is de rangorde van de gebieden op de rechter verticale as vermeld.

In de volgende paragrafen zijn alleen de resultaten vermeld van de indeling op basis van de UFP belasting van de postcodegebieden. In Bijlage 7 zijn de resultaten weergegeven wanneer de indeling op basis van de afstand van het postcodegebied tot de dichtstbijzijnde start- of landingsbaan plaatsvindt.

### 4.3.2 *Natuurlijke sterfte*

In Figuur 9 zijn in zes deelfiguren de resultaten weergegeven wanneer de postcodegebieden rond Schiphol geselecteerd worden op basis van de UFP belasting. Het risico op natuurlijke sterfte gedurende de observatieperiode van 7 jaar is voor deze zes selecties iedere keer afzonderlijk vergeleken met het sterfterisico in de COROP-gebieden. In de deelfiguren is de HR van de betreffende verzameling van postcodes met blauw gemarkeerd.

Het sterfterisico in de observatieperiode loopt tussen de COROP-gebieden ongeveer 20% uiteen: het risico is het hoogste in Zuidwest-Gelderland en het laagste in Delftzijl en omgeving. Hierbij is rekening gehouden met mogelijk verschillen in demografische en sociaaleconomische factoren (huishoudinkomen en sociale status van het postcodegebied) tussen de betreffende gebieden.

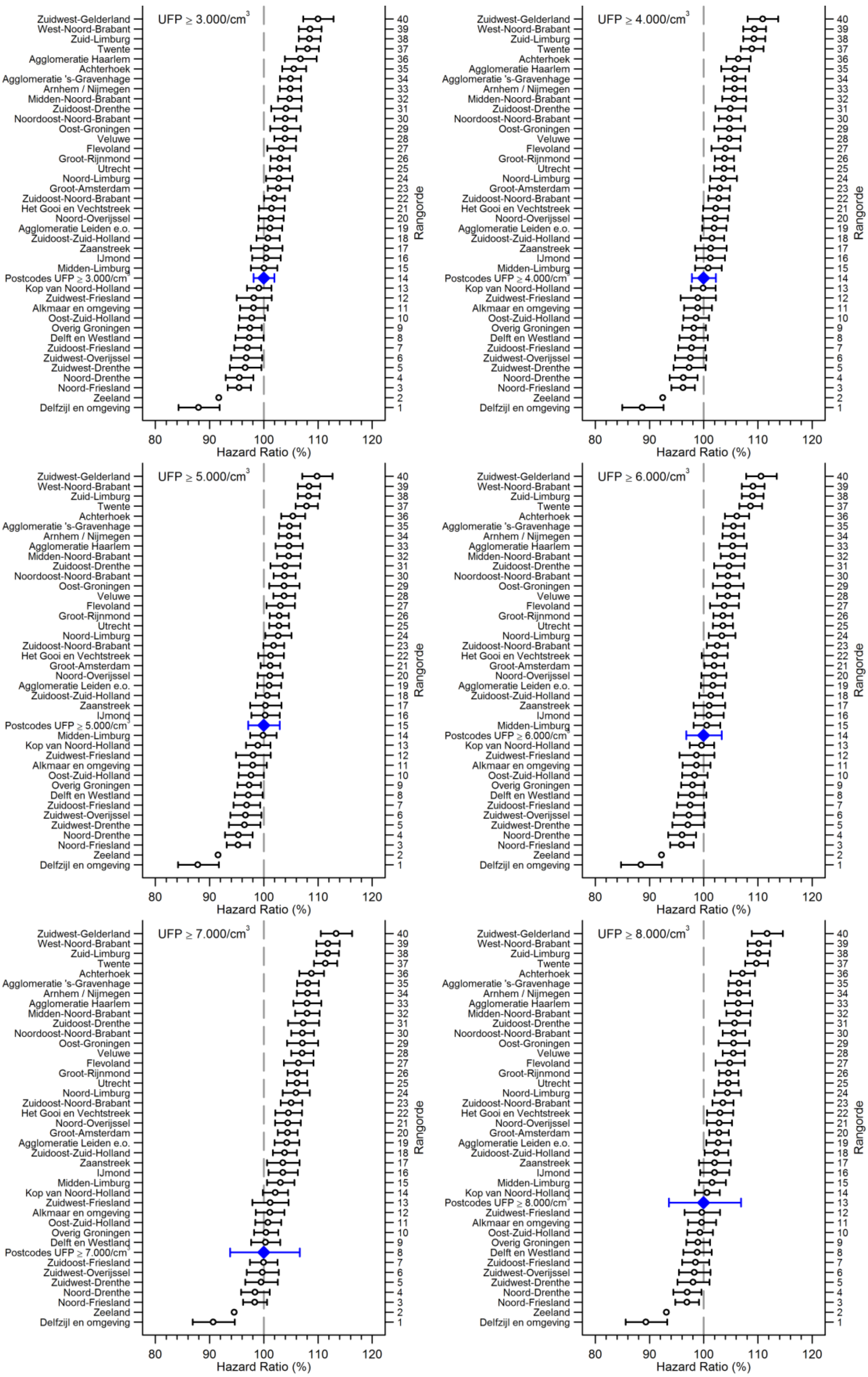
De rangorde (op een schaal van 1 tot 40) bedraagt voor de verzameling van postcodegebieden rond Schiphol 14 (≥3.000 per cm3), 14 (≥4.000 per cm3), 15 (≥5.000 per cm3), 14 (≥6.000 per cm3), 8 (≥7.000 per cm3) en 13 (≥8.000 deeltjes/cm3).
Hoe lager de rangorde, hoe lager de HR. Voor deze selecties geldt dat de postcodegebieden een gemiddeld tot iets lager dan gemiddeld

sterfterisico hebben in vergelijking tot het gemiddelde sterfterisico in Nederland.

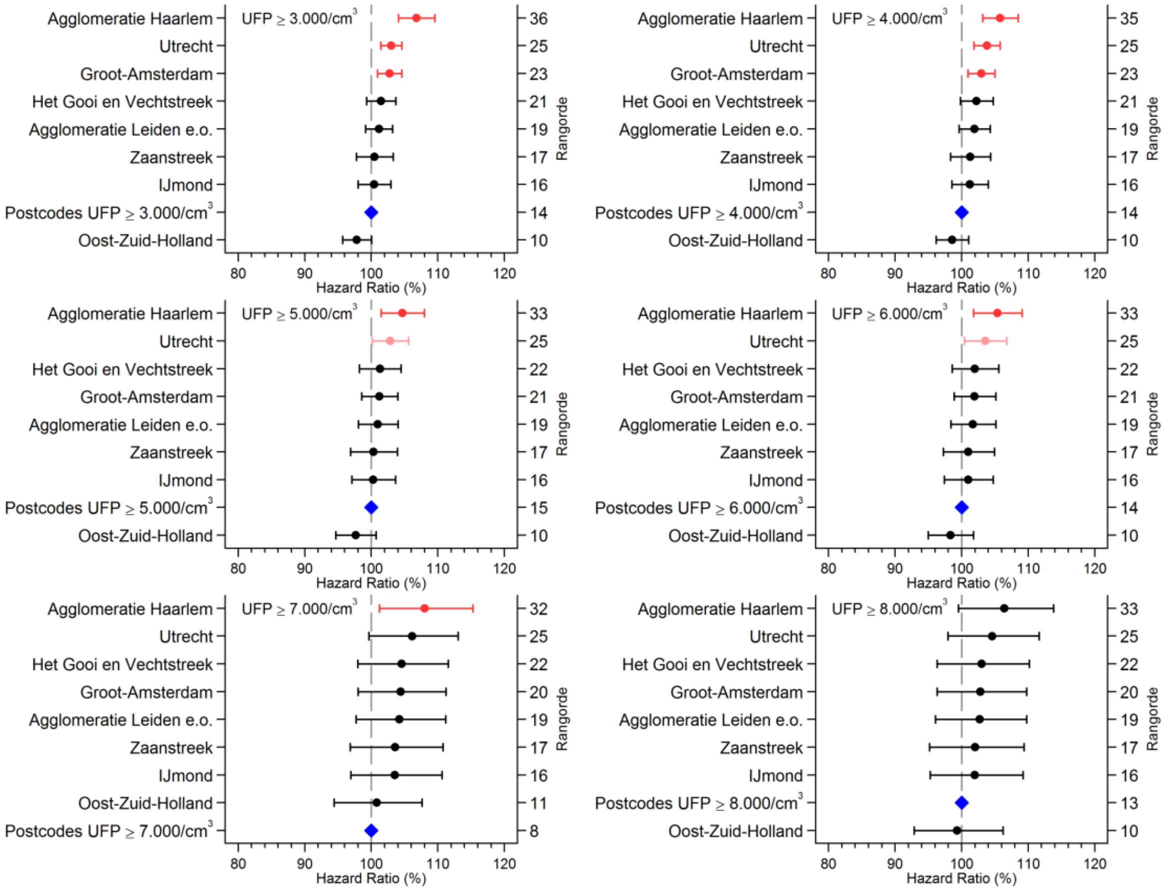
In Figuur 10 is eenzelfde werkwijze gevolgd, maar zijn alleen de COROP gebieden getoond die in de buurt van het onderzoeksgebied liggen.

De variatie in sterfterisico's tussen deze gebieden is kleiner dan die voor geheel Nederland. De selecties gebaseerd op de UFP belasting hebben over het algemeen lagere sterfterisico's dan de omringende COROP-gebieden; de verschillen zijn echter klein. Naarmate de omvang van de selectie van postcodes kleiner is, zijn de eventuele verschillen in sterfterisico's met de omringende COROP-gebieden niet langer statistisch significant. Het kleiner wordend aantal bewoners van de selectie is hieraan mede debet.

De risico's voor natuurlijke sterfte liggen voor de verschillende selecties van postcodegebieden in de ordegrootte van de omringende gebieden die niet of in veel mindere mate door UFP van vliegverkeer worden belast.




*Figuur 9: Hazard ratio voor natuurlijke sterfte, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van zes verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op de UFP belasting en 40 COROP-gebieden, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren.*



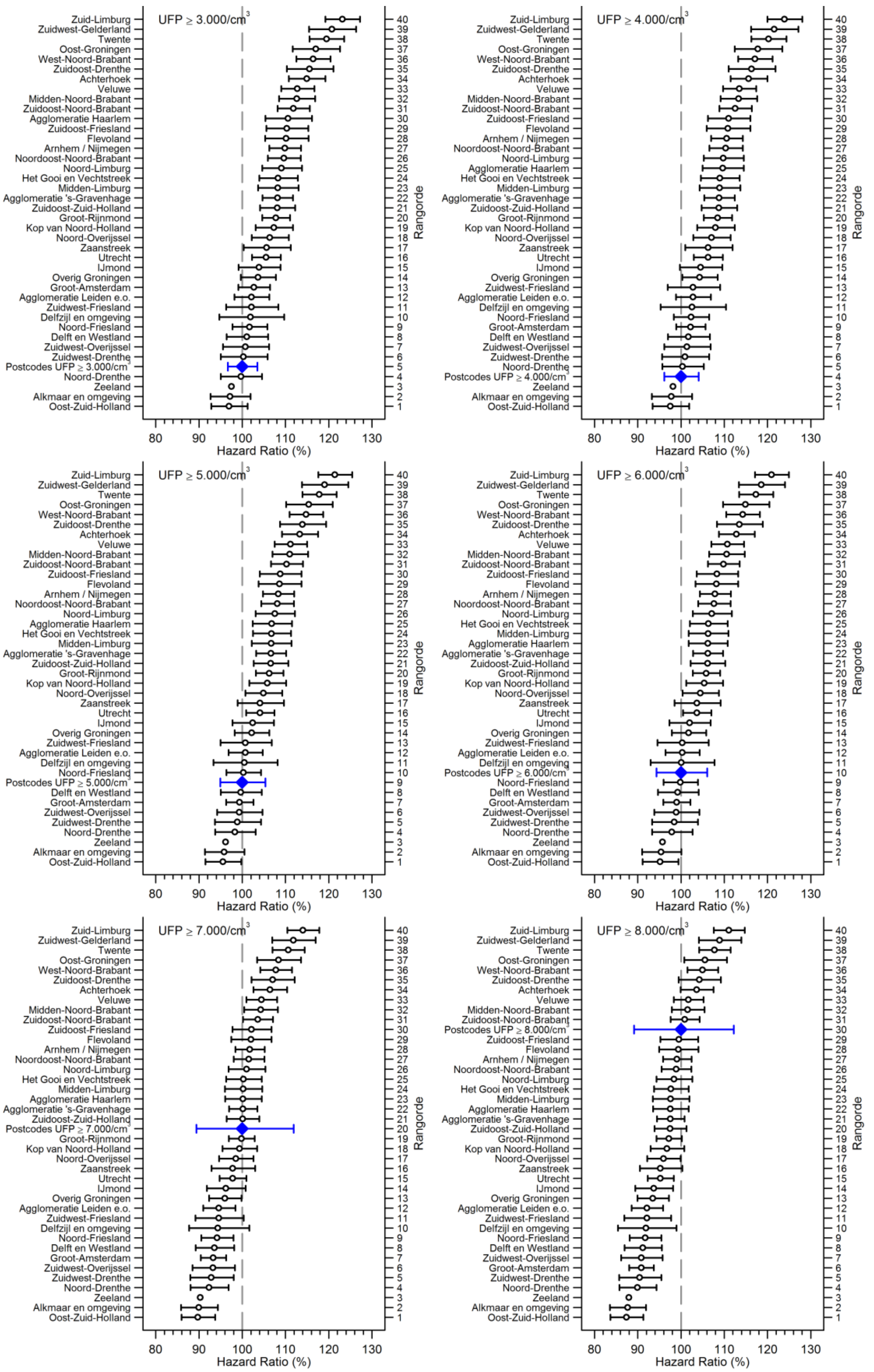

*Figuur 10: Hazard ratio voor natuurlijke sterfte, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van 8 nabijgelegen COROP-gebieden ten opzichte van zes verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op de UFP belasting, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren en voor de overige COROP-gebieden.*

### 4.3.3 *Sterfte aan een hart- en vaatziekte*

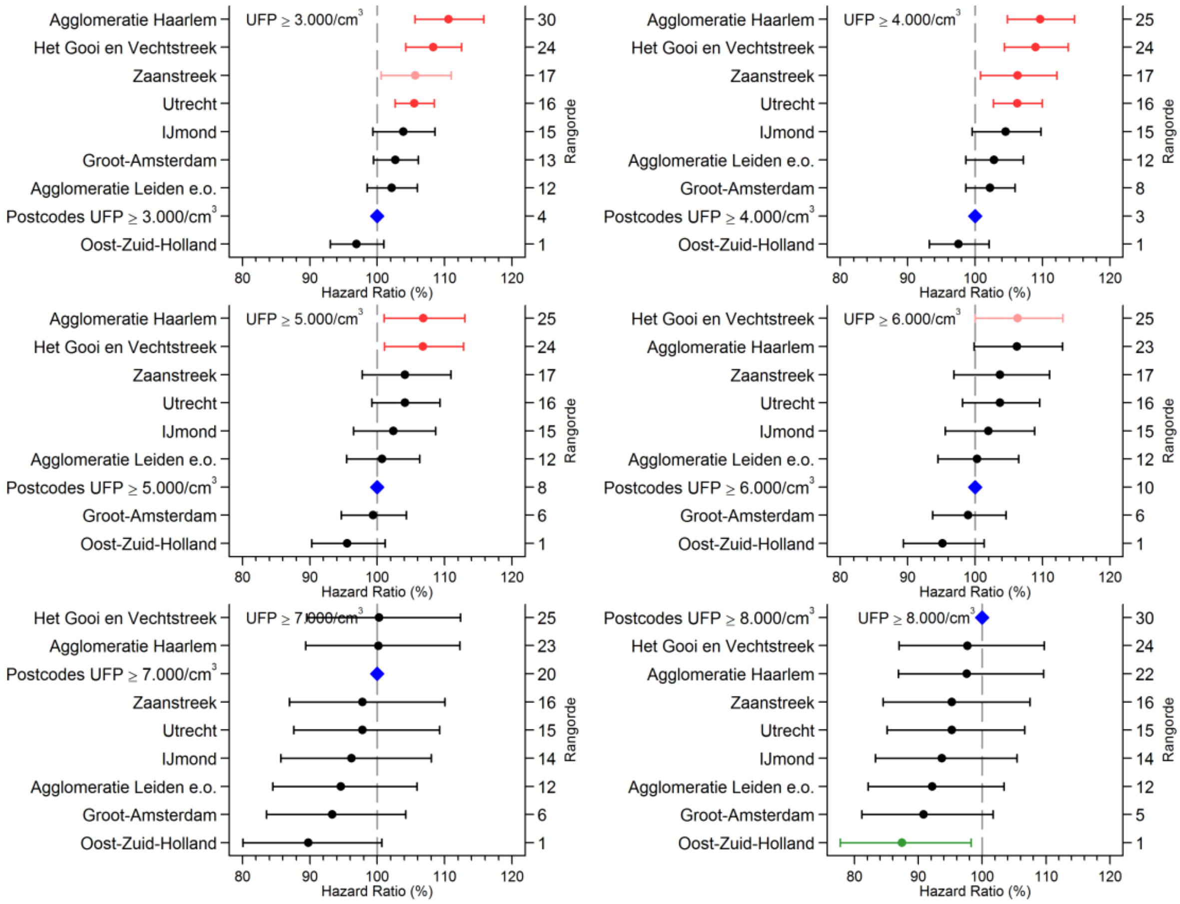
Het risico op sterfte aan hart- en vaatziekten komt overeen met de COROP gebieden waar lagere risico's worden gevonden (zie Figuur 11 en 12). De rangorde van de selecties is 5 (postcodes ≥3.000 per $cm^3$), 4 (postcodes ≥4.000 per $cm^3$), 9 (postcodes ≥5.000 per $cm^3$), 10 (postcodes ≥6.000 per $cm^3$), 20 (postcodes ≥7.000 per $cm^3$) en 30 (postcodes ≥8.000 deeltjes/$cm^3$).

De rangorde geeft aan dat de selectie van postcodes een sterfterisico voor hart- en vaatziekten hebben die over het algemeen lager ligt dan het gemiddelde risico in Nederland. Een uitzondering hierop zijn de postcodes waar de belasting aan UFP meer dan 8.000 deeltjes/$cm^3$ bedraagt (deelfiguur rechtsonder in de figuren 11 en 12). Dit is de selectie van postcodes waar de UFP belasting het grootst is. Het verschil met het nabijgelegen COROP-gebied Oost-Zuid-Holland bedraagt ca. 13% (zie Figuur 12).

De variatie in het sterfterisico voor hart- en vaatziekten tussen COROP gebieden is met bijna 25% wat groter dan voor natuurlijke sterfte. In Zuid-Limburg is het sterfterisico het hoogste; in Oost-Zuid-Holland (regio Alphen aan den Rijn en Gouda) het laagst.




*Figuur 11: Hazard ratio voor sterfte aan een hart- en vaatziekte, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van zes verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op de UFP belasting en 40 COROP-gebieden, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren.*

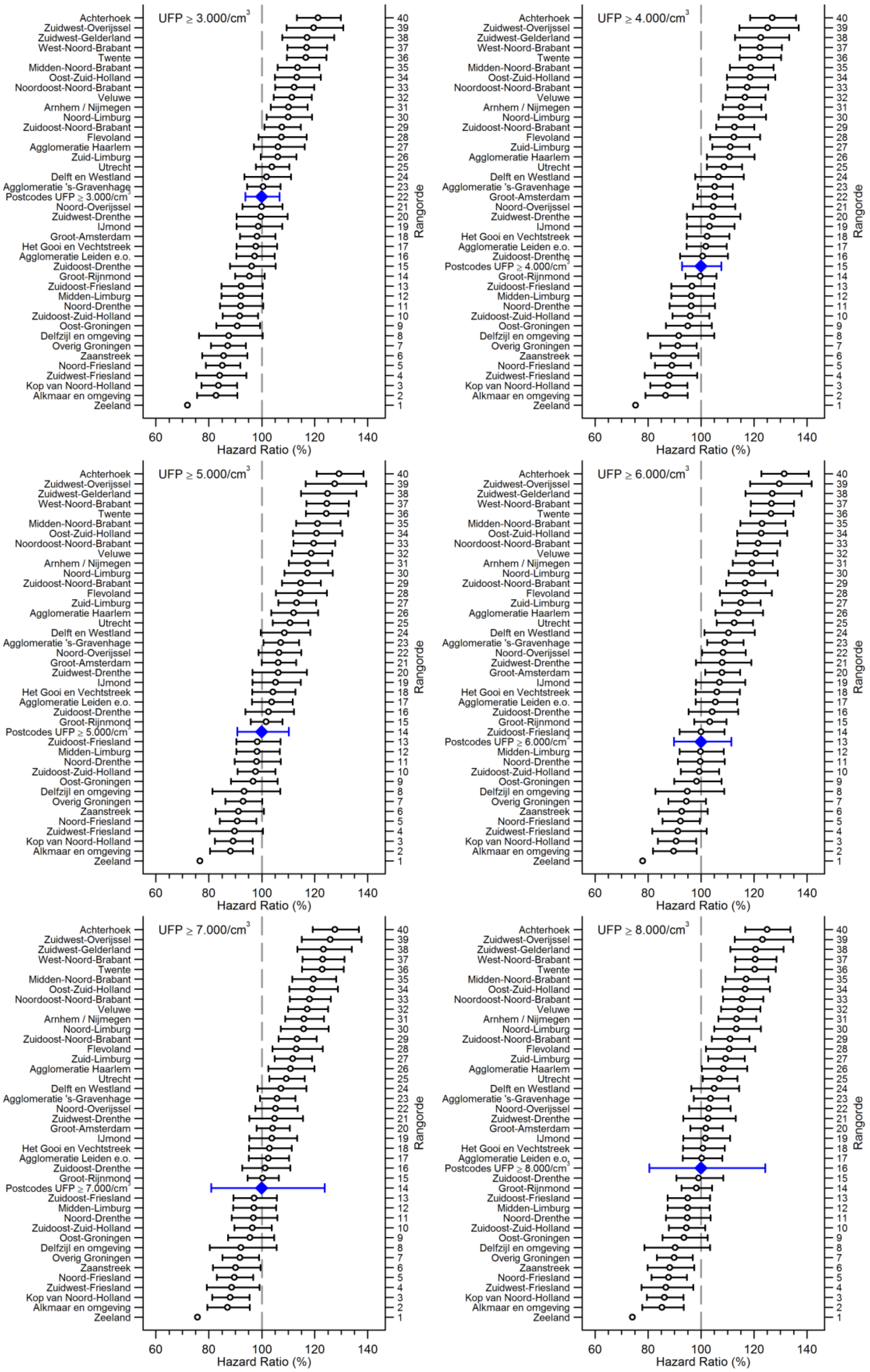



*Figuur 12: Hazard ratio voor sterfte aan een hart- en vaatziekte, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van 8 nabijgelegen COROP-gebieden ten opzichte van zes verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op de UFP belasting, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren en voor de overige COROP-gebieden.*

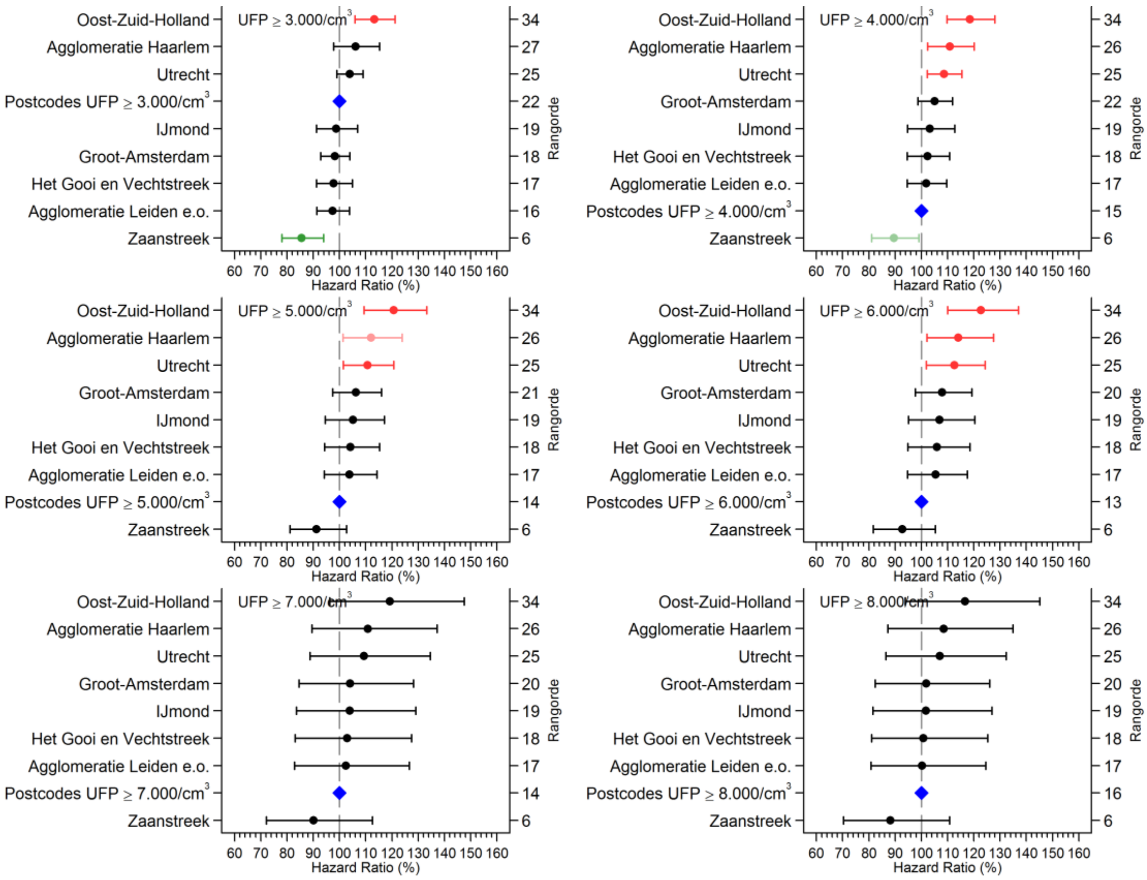
### 4.3.4 *Sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen*

De HR's voor sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen behoren tot dezelfde of iets lagere regionen van de reeks van HR's voor de diverse COROP-gebieden (rangorde 13-22) (Figuur 13).

Wanneer de HR's voor sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen van de verzamelingen van postcodegebieden worden vergeleken met de cijfers van omringende COROP-gebieden (Figuur 14), dan zijn deze over het algemeen gelijk of iets lager.




*Figuur 13: Hazard ratio voor sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van zes verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op de UFP belasting en de 40 COROP-gebieden, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren.*



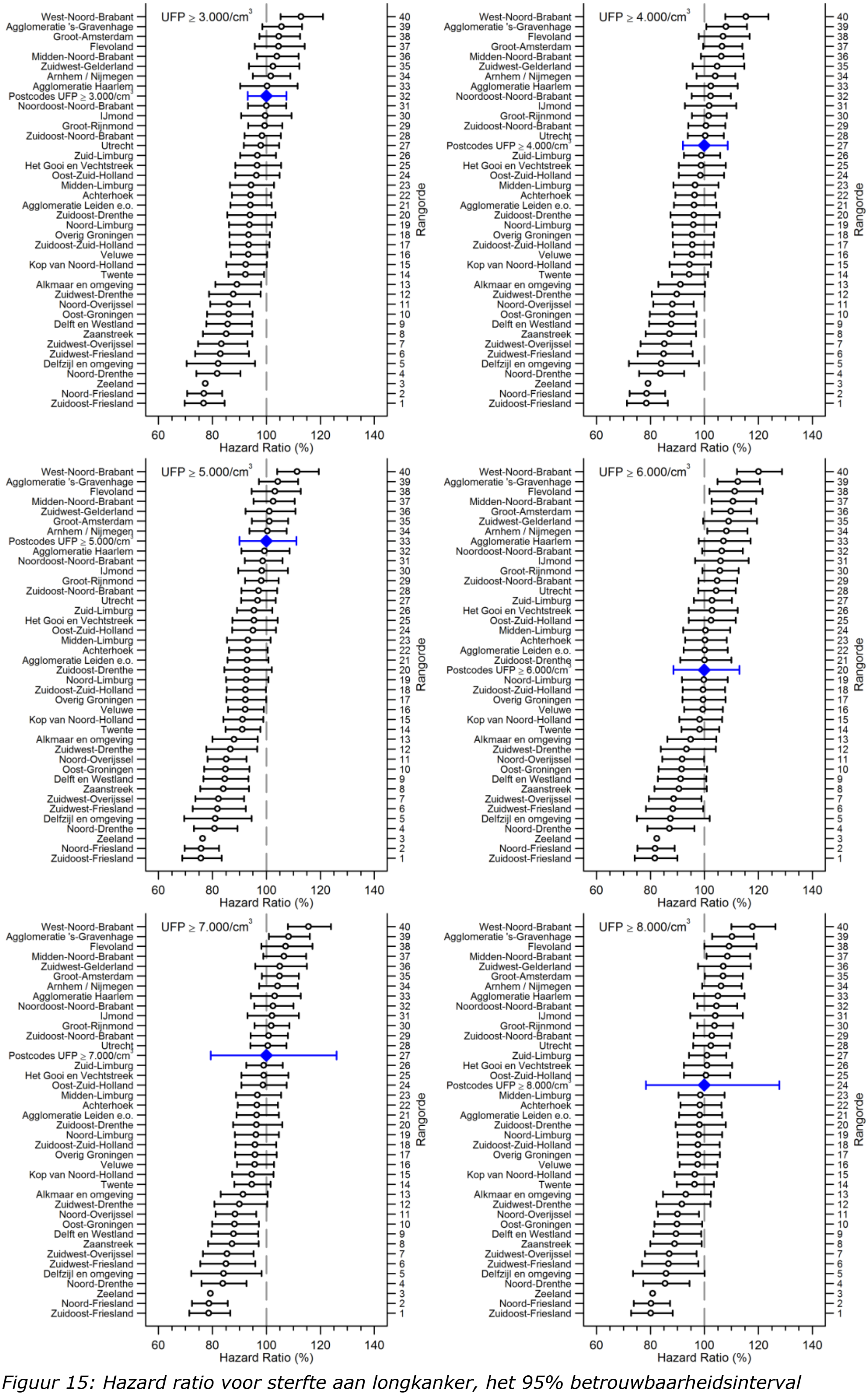

*Figuur 14: Hazard ratio voor sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van 8 nabijgelegen COROP-gebieden ten opzichte van zes verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op de UFP belasting, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren en voor de overige COROP-gebieden.*

### 4.3.5 *Sterfte aan longkanker*

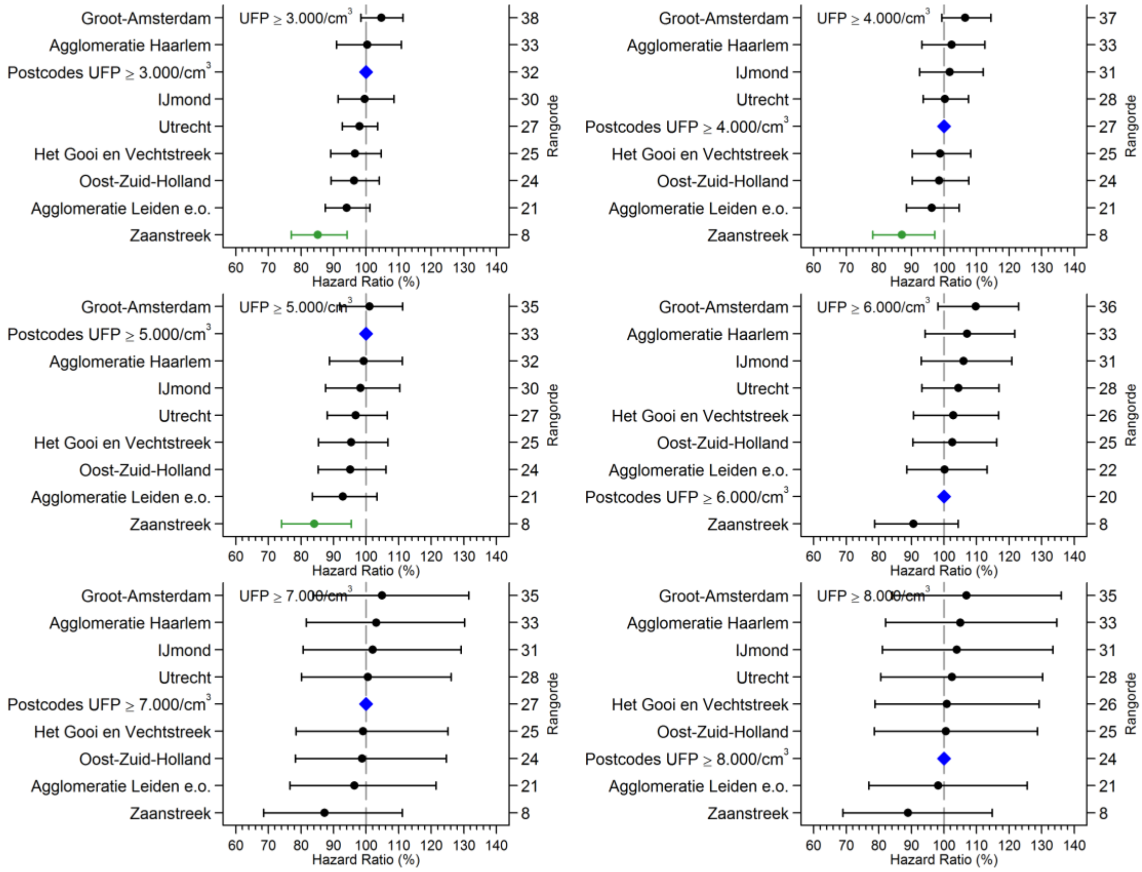
Als laatste worden in figuren 15 en 16 de resultaten voor sterfte aan longkanker afgebeeld.

De rangorde voor de selectie op basis van UFP belasting bedraagt in Figuur 15 32 (postcodes ≥3.000 per $cm^3$), 27 (postcodes ≥4.000 per $cm^3$), 33 (postcodes ≥5.000 per $cm^3$), 20 (postcodes ≥6.000 per $cm^3$), 27 (postcodes ≥7.000 per $cm^3$) en 24 (postcodes ≥8.000 deeltjes/$cm^3$). Het sterfterisico door longkanker in deze verzamelingen van postcodes behoort daarmee tot de gemiddelde tot hogere regionen in Nederland.

Wanneer de sterfterisico's van nabijgelegen COROP-gebieden worden afgezet ten opzichte van de verschillende verzamelingen van postcodegebieden ontstaat een wisselend beeld (Figuur 16). Wanneer de selectie een groter gebied betreft (bijv. ≥3.000 per $cm^3$), dan liggen de risico's voor sterfte aan longkanker iets hoger. Bij een selectie van een kleiner gebied, liggen de resultaten wat lager ten opzichte van deze COROP-gebieden. De verschillen die worden aangetroffen zijn over het algemeen niet statistisch significant.




*Figuur 15: Hazard ratio voor sterfte aan longkanker, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van zes verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op de UFP belasting en de 40 COROP-gebieden, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren.*




*Figuur 16: Hazard ratio voor sterfte aan longkanker, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van 8 nabijgelegen COROP-gebieden ten opzichte van zes verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op de UFP belasting, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren en voor de overige COROP-gebieden.*

## 4.4 Discussie en conclusies

Om een indruk te krijgen van hoe het sterfterisico in de nabijheid van de luchthaven Schiphol zich verhoudt tot dat in gebieden elders in Nederland, zijn uit het onderzoeksgebied op basis van de UFP belasting of de afstand tot het luchthaventerrein verschillende verzamelingen van postcodegebieden geselecteerd. Vervolgens is voor het gemiddelde sterfterisico in deze postcodegebieden een vergelijking gemaakt met de sterfterisico's in 40 COROP-gebieden die geheel Nederland beslaan. Hierbij is rekening gehouden met eventuele sociaaleconomische verschillen tussen gebieden door in de statistische analyses te corrigeren voor huishoudinkomen en voor sociale status van de postcode. Met deze aanpak wordt de tweede vraagstelling uit de inleiding "Hoe verhouden de sterfterisico's zich tot de sterfterisico's in qua samenstelling sociaal-economisch vergelijkbare postcodegebieden zonder luchthaven in de nabije omgeving waar het ultrafijnstof niveau door vliegtuigemissies lager is?" beantwoord.

Uit de bevindingen komt naar voren dat het risico voor natuurlijke sterfte in de beschouwde gebieden nabij de luchthaven niet heel sterk in positieve of negatieve zin afwijkt van wat op basis van de sterfterisico's in nabijgelegen gebieden kan worden verwacht.

Uit de vergelijking blijkt dat het sterfterisico voor de verschillende selecties van postcodegebieden op basis van de UFP belasting gemiddeld gelijk tot iets lager is dan het gemiddelde risico in Nederland. Deze conclusie geldt ook wanneer de selectie plaats vindt op basis van de afstand (zie Bijlage 7): het risico in postcodegebieden binnen 10, 5, 4 of 3 kilometer van het luchthaventerrein komt ongeveer overeen met het gemiddelde sterfterisico in Nederland. Wanneer de vergelijking zich beperkt tot die 8 COROP gebieden die het meest nabij Schiphol liggen, dan zijn de sterfterisico's voor natuurlijke sterfte in de geselecteerde postcodegebieden over het algemeen wat lager dan in de omringende COROP gebieden. De verschillen zijn echter klein.

Voor sterfte aan een hart- en vaatziekte en voor sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen zijn de bevindingen vergelijkbaar met die voor de natuurlijke sterfte. De risico's zijn in de diverse selecties over het algemeen ongeveer gelijk of iets lager dan de sterfterisico's elders in het land. Voor de sterfte aan een hart- en vaatziekte valt echter in de figuren 11 en 12 op dat het risico in de postcodegebieden met een UFP belasting groter of gelijk aan 8.000 deeltjes/$cm^3$ hoger ligt dan het gemiddelde elders in Nederland. Dit geldt ook voor de postcodegebieden binnen 3 km van het luchtvaartterrein (bijlage 7, figuren 7C en 7D). Het sterfterisico ligt ook hoger dan wanneer de selectie is gebaseerd op een lagere UFP belasting of op een grotere afstand. Hierbij moet worden opgemerkt dat het rapporteren van rangordes de interpretatie van resultaten vergemakkelijkt, maar dat rangordes geen recht doen aan de onzekerheden die aan de resultaten zijn verbonden. Omdat de selectie van postcodegebieden met een UFP belasting groter of gelijk aan 8.000 deeltjes/$cm^3$ een relatief kleine populatie betreft (minder dan 10.000 onderzoeksdeelnemers), is het 95% betrouwbaarheidsinterval in de hazard ratio groot. Wanneer we de hazard ratio vergelijken met de hazard ratio's van de omringende COROP-gebieden (Figuur 12) blijkt dat de HR van deze verzameling van postcodegebieden alleen statistisch significant afwijkt van het risico in het COROP-gebied Oost-Zuid-Holland. Voor de postcodegebieden binnen 3 km wijkt het COROP-gebied Groot-Amsterdam op de grens van statistische significant af (Bijlage 7, figuur 7D). Voor de overige nabijgelegen COROP-gebieden zijn de verschillen niet statistisch significant. Daarnaast geldt dat in de verschillende figuren een groot aantal vergelijkingen worden gemaakt. Het aantal keren dat 'toevalsfluctuaties' worden gevonden, stijgt naar mate het aantal vergelijkingen toeneemt. Met deze ontwikkeling ('multi-comparison') is in de statistische analyses geen rekening gehouden. De vraagstelling in deze verkenning is een beschrijving van de risico's in het onderzoeksgebied en is niet een toetsing van een hypothese ('neemt het risico op sterfte toe naarmate de blootstelling aan UFP stijgt'). Dit laatste vraagt een andere onderzoeksopzet waarop in hoofdstuk 6 nader wordt ingegaan.

De sterfterisico's voor longkanker in de verschillende selecties van postcodegebieden zijn over de gehele linie iets hoger dan de risico's die gemiddeld in COROP gebieden in Nederland worden gevonden. Voor longkanker komt het beeld naar voren dat er sprake is van een afname van de rangorde naarmate de belasting aan UFP toeneemt: de sterfterisico's nemen af. Voor deze observatie gelden echter dezelfde kanttekeningen als hierboven voor de sterfte aan hart- en vaatziekten

zijn gemaakt. Ook geldt dat er geen statistisch significant verschil is met de sterfterisico's in de nabijgelegen COROP-gebieden.
De oorzaak van eventuele verhogingen in andere COROP-gebieden zijn niet nader onderzocht omdat dit buiten de onderzoeksvraag valt.

#### 4.4.1 *Vergelijking met eerdere bevindingen rond Schiphol*

In 1997 en in 2005 is gerapporteerd over de kankerincidentie in de regio Schiphol. De aanleiding waren meldingen van huisartsen over een hogere kankersterfte (van Bruggen en van Wijnen, 1989). We gaan hier in op het onderzoek naar kanker van de luchtwegen vanwege de relatie met sterfte aan longkanker.
Visser e.a. (1997) deelden aan de hand van geluidcontouren postcodegebieden in twee groepen in: een kern- en een ringgebied met respectievelijk 10 en 24 4-cijferige postcodegebieden. Acht van de tien postcodes uit het kerngebied zouden nu in de hoogste blootstellingscategorie voor UFP vallen (≥8.000 deeltjes/$cm^3$). De postcodes in het ringgebied hebben nu een uiteenlopende UFP belasting door luchtvaart. Voor longkanker was de incidentie in de periode 1988-1993 in het kern- en ringgebied samen 10% verlaagd ten opzichte van de landelijke cijfers. In het kerngebied lag de incidentie 19% hoger; in het ringgebied 16% lager. Ten opzichte van regionale cijfers, kwam kanker van de luchtwegen 9% minder vaak voor, met uitzondering van het kerngebied waar een verhoging van 15% werd aangetroffen. Ook andere, met roken samenhangende kankertypen waren in het gebied verhoogd. Dit leidde tot de conclusie dat het waarschijnlijk is dat de gevonden verschillen in incidentie veroorzaakt worden door verschillen in leefgewoonten, waaronder roken.
In 2005 werd de studie herhaald met gegevens over de periode 1994-2003 (Visser et al., 2005). De indeling van de gebieden verschilde iets van die van 1997. Ook nu werd een verlaging van de incidentie van kanker van de luchtwegen gevonden wanneer werd vergeleken met landelijke cijfers (6% verlaagd). De incidentie in het kerngebied was 21% hoger dan in het ringgebied. Er werd geconcludeerd dat deze observatie een mogelijke samenhang tussen de aanwezigheid van de luchthaven en de incidentie van kanker van de luchtwegen niet ondersteunt. De resultaten zijn binnen de variatie die regionaal gebruikelijk is en verschillen in rookgewoonten zijn waarschijnlijk een belangrijke verklarende factor voor regionale verschillen in de incidentie van kanker van de luchtwegen.

Opvallend is dat de huidige resultaten voor sterfte aan longkanker afwijken van bovengenoemde bevindingen voor de incidentie van kanker van de luchtwegen. Het sterfterisico voor longkanker was in de periode 2004-2011 in de beschouwde selecties van postcodegebieden gemiddeld dan wel iets hoger dan het gemiddelde risico in Nederland. Juist voor de hoger belaste gebieden lijkt het risico iets lager te zijn in tegenstelling tot de eerdere bevindingen.
Een voor de hand liggende verklaring is dat in het voorliggende onderzoek door de opname van sociaaleconomische co-variabelen zoals huishoudinkomen en sociale status van het postcodegebied beter voor leefstijlfactoren is gecorrigeerd dan in het verleden mogelijk was (de correctie was toen alleen op basis van leeftijd en geslacht mogelijk).

### 4.4.2 *Opmerkingen bij het onderzoek*

Naast de eerder in hoofdstuk 3 gesignaleerde tekortkomingen (ontbreken van informatie over leefstijlfactoren), de genoemde beperkingen (beschrijvend van aard; geen kwantitatieve relatie gelegd met de UFP concentratie op het woonadres en geen andere bronnen van UFP of andere bronnen van milieubelasting meegenomen) en gerapporteerde sterke punten van het onderzoek, gaan we hier nog op twee specifieke punten van het onderzoek in.

De verkregen sterfterisico's in gebieden rond Schiphol kennen een grotere nauwkeurigheid dan de sterfterisico's op basis van individuele postcodegebieden (hoofdstuk 3) omdat de deelgebieden bestaan uit een combinatie van postcodegebieden. Het kleinste deelgebied (postcodegebieden belast met 8.000 of meer deeltjes/cm$^3$) bestaat uit ruim 9.000 cohortdeelnemers met gemiddeld 130 sterfgevallen per jaar. Een individueel postcodegebied heeft gemiddeld 40 sterfgevallen per jaar. Toch is er nog steeds sprake van een aanzienlijke onzekerheid in de sterfterisico's, met name in de gebieden met een kleine populatie (hoge UFP belasting en/of op korte afstand van het luchthaventerrein). Deze onzekerheid komt tot uitdrukking in de grootte van de 95% betrouwbaarheidsintervallen in verschillende figuren in dit hoofdstuk.

In de vraagstelling wordt gesproken over het vergelijken met "in qua samenstelling sociaaleconomisch vergelijkbare postcodegebieden zonder luchthaven in de nabije omgeving waar het ultrafijnstof niveau door vliegtuigemissies lager is". We hebben gebieden elders in Nederland waar een luchthaven is niet uit het betreffende COROP gebied verwijderd voordat de vergelijkingen werden uitgevoerd. Indicatieve berekeningen rond Eindhoven Airport en Rotterdam The Hague Airport (ESC, 2016a en 2016b) laten zien dat de UFP concentraties daar een factor 5-6 lager zijn dan rond Schiphol. Bij Schiphol ligt de contour van 3.000 deeltjes/cm$^3$ op een afstand van ca. 15 km. Voor Eindhoven Airport is dat op 2,5 tot 3 km en voor Rotterdam The Hague Airport op 1,5 tot 2 km. Het is mede daarom niet aannemelijk dat een mogelijk effect van de UFP belasting rond regionale luchthavens een grote invloed zou hebben op het gemiddelde sterfterisico van het COROP gebied waarin ze liggen.

### 4.4.3 *Samenvattend*

Er komen geen aanwijzingen naar voren dat het risico voor natuurlijke sterfte of voor doodsoorzaak specifieke sterfte nabij de luchthaven Schiphol in positieve of negatieve zin in belangrijke mate afwijkt van wat op basis van de sterfterisico's in nabijgelegen gebieden of gemiddeld in Nederland kan worden verwacht. Voor hart- en vaatziekte wordt een zwak signaal van een hoger sterfterisico in postcodegebieden met een UFP belasting groter of gelijk aan 8.000 deeltjes/cm$^3$ gevonden. Aan deze observatie mag op dit moment geen conclusie worden verbonden, onder andere door het beperkte aantal personen in dit gebied.

# 5 Beoordeling gemodelleerde UFP concentraties

## 5.1 Inleiding

De UFP concentraties in het onderzoeksgebied zijn gemodelleerd door de gemodelleerde PM10 concentraties afkomstig van vliegverkeer om te rekenen naar UFP concentraties (Bezemer et al, 2015). De gevolgde werkwijze is besproken in een internationale expertmeeting. Hierbij zijn de onzekerheden in de berekende blootstelling, mogelijke verbeteringen, bruikbaarheid van de gemodelleerde concentraties in gezondheidskundig onderzoek, en de wenselijkheid van aanvullende UFP metingen ter verbetering en validatie van de berekeningen besproken. Een (Engelstalig) verslag van de bijeenkomst is opgenomen in bijlage 8.

## 5.2 Onzekerheden

De voor het gehele studiegebied berekende UFP concentraties (Bezemer et al, 2015, Figuur 12) hangen sterk af van enkele belangrijke aannamen. Ten eerste is er een onzekerheid in de resultaten (verdeling en niveaus) van de berekende PM10 concentraties. Vervolgens worden de berekende PM10 concentraties geschaald aan de gemeten UFP concentraties op de tien meetpunten. Deze metingen kennen uiteraard ook onzekerheden. De omrekenfactor van PM10 naar UFP concentraties varieert over het studiegebied tussen 110.000 en 750.000 (Bezemer et al, 2015, Figuur 10). Op de locaties waar de hoogste kwaliteit wetenschappelijke apparatuur stond, vlak bij het gebied van de luchthaven, is meestal sprake van een omrekenfactor van (circa) 400.000, deze factor is dan ook aangenomen voor het gehele gebied. Op enkele locaties op wat grotere afstanden van de luchthaven zijn alleen metingen met simpele ‘handheld’ apparatuur uitgevoerd en is er ook geen meting met wetenschappelijke apparatuur in de directe omgeving. Het gaat hierbij om de locaties Hoofddorp, Amstelveen en Vijfhuizen. Gebruik van de omrekeningsfactor van 400.000 kan hier mogelijk tot een overschatting van de UFP concentraties leiden. Er is te weinig informatie beschikbaar om daar een nadere uitspraak over te doen. Daarvoor is meer onderzoek, over een langere periode nodig. Een expert-schatting van de totale onzekerheid in de omrekenfactor van PM10 naar UFP (berekening, metingen en generalisatie) komt uit op circa 50% in het binnen-gebied van de metingen en iets hoger daarbuiten.

## 5.3 Mogelijkheden voor verbetering

Tijdens de expertmeeting is stilgestaan bij mogelijkheden om de (systematiek van de) gemodelleerde UFP concentraties te verbeteren. Hierbij is gebleken dat de geconsulteerde experts geen commentaar van belang hadden bij de gebruikte werkwijze. Het belangrijkste advies, dat van verschillende kanten kwam, is dat de bijdrage van taxiën meegenomen zou moeten worden. Door het niet tijdig beschikbaar komen van gegevens van taxiënde vliegtuigen konden de emissies gedurende taxiën niet in de modelanalyse uit 2015 worden meegenomen. Bij de analyses is er van uitgegaan dat de windroos van resultaten een indicatie van de emissies van taxiën zou geven. In de vergelijking van gemeten en berekende concentraties van UFP worden

de taxi-emissies wel effectief meegenomen, maar niet als emissies op de juiste locatie. Dit is een belangrijk aandachtpunt bij het uitvoeren van nieuwe metingen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de emissies gedurende taxiën naar verwachting vooral in de directe omgeving wezenlijk van belang zijn, waar juist weinig woningen staan.

Voor een inschatting van de concentratieverdeling gedurende de afgelopen jaren (historische blootstelling) is inzicht in de ontwikkeling van de luchtvaartvloot (typen vliegtuigen), de gevlogen routes en de samenstelling van de gebruikte brandstof van belang. Naar verwachting (van de aanwezigen bij de expertmeeting) is de afgelopen jaren (2003 tot nu) vooral de hoogte van de bijdrage van de luchtvaart veranderd en minder de relatieve verdeling in de ruimte. Hierbij is het van belang dat de Polderbaan in 2003 in gebruik is genomen en dat daarmee de verdeling van de emissies van de luchtvaart en dus ook de concentratieverdeling is veranderd. Om de concentratieverdeling voor ingebruikname van de Polderbaan te schatten zijn nieuwe berekeningen noodzakelijk. De onzekerheid in de resultaten van deze berekeningen zou zeer aanzienlijk zijn. Dit verdient daarom geen aanbeveling.

## 5.4 Bruikbaarheid in gezondheidskundig onderzoek

De bruikbaarheid van de in 2015 gemodelleerde concentraties voor gezondheidskundig onderzoek is uitgebreid besproken tijdens de expertmeeting. Voor de huidige/recente situatie zijn de concentraties goed bruikbaar. Extrapolatie van de resultaten naar het verleden (tot 2003) is mogelijk, maar de onzekerheid neemt snel toe. Zoals al gemeld zouden de concentraties voor de situatie van voor 2003 (opening Polderbaan) opnieuw gemodelleerd moeten worden.

Modellering voor kortere middelingstijden (seizoen, maanden, dagen) is met het huidige instrumentarium mogelijk. Hierbij worden gegevens over het baangebruik en vliegtuigemissies over een lange termijn gecombineerd met korte-termijn gegevens over meteorologie. De variatie in de tijd wordt voor een belangrijk deel bepaald door de meteorologie. De onzekerheid neemt toe naarmate de middelingstijd korter wordt, met een door het model bepaald minimum van een uur.

Met de gebruikte werkwijze wordt alleen de bijdrage van het vliegverkeer gemodelleerd. De bijdrage van het wegverkeer en van andere bronnen wordt hierbij niet meegenomen. Modellering van de UFP bijdrage van het wegverkeer (en andere bronnen) is momenteel niet mogelijk vanwege het ontbreken van de benodigde emissiefactoren. De ruimtelijke verdeling van de UFP bijdrage van het wegverkeer is vermoedelijk sterk gecorreleerd met de ruimtelijke verdeling van ‘elemental carbon’ (EC, in dit rapport verder als roet aangeduid), waarvoor wel modelgegeven beschikbaar zijn. Uit de eerdere onderzoeken blijkt dat het vliegverkeer niet of nauwelijks bijdraagt aan de roetconcentraties. In een gezondheidskundig onderzoek naar de effecten van UFP van vliegverkeer zou de gemodelleerde roetbijdrage van het wegverkeer gebruikt kunnen worden als proxy voor UFP van wegverkeer. Hiermee wordt het geschatte effect van UFP van vliegverkeer indirect gecorrigeerd voor een mogelijke verstoring door de

bijdrage van het wegverkeer. Een dergelijke analyse levert echter geen inzicht in de mogelijke effecten van UFP van wegverkeer.

Voor onderzoek naar acute effecten, waarbij de (totale) UFP concentraties gemeten worden, is het mogelijk om met behulp van de deeltjesgrootteverdeling en informatie over specifieke componenten (bijvoorbeeld roet) de bijdrage van het vliegverkeer te schatten ten opzichte van de bijdragen van andere bronnen. De bijdragen van de luchtvaart bestaan uit (veel) kleinere deeltjes dan de bijdragen van de andere bronnen.

## 5.5 Aanvullende UFP metingen

Het is van belang om de huidige analyse, waarbij modelberekeningen aan fijnstof worden geijkt aan gemeten concentraties UFP, nader te valideren en zo mogelijk te verbeteren. Voor beide aspecten zijn meer en uitgebreidere metingen nodig. Hierbij verdient het aanbeveling om in ieder geval gebruik te maken van de bestaande meetlocaties van de provincie Noord-Holland aangezien hier al infrastructuur voor metingen aanwezig is. Het is van belang om op deze meetpunten niet alleen de aantallen deeltjes maar ook de grootteverdeling te bepalen teneinde de bijdrage van emissies van de luchtvaart te monitoren. De onzekerheid in de gehanteerde verhouding tussen fijnstof en UFP is vooral op grotere afstanden tot de luchthaven aanzienlijk. Vanwege deze grotere onzekerheid van de gemodelleerde concentraties op grotere afstand van de luchthaven is aan te bevelen om op minstens twee tot vier andere locaties metingen uit te voeren om de verdeling van UFP in het gehele gebied rondom Schiphol beter vast te kunnen stellen.

## 5.6 Conclusie

De bruikbaarheid van de in 2015 gemodelleerde concentraties is gedurende de expertmeeting uitgebreid besproken. Voor de huidige/recente situatie zijn de concentraties volgens de aanwezigen goed bruikbaar. Vanwege de onzekerheid in de modellen (geschat op ca. 50%) zijn extra metingen zeer wenselijk. Om naar de toekomst toe vinger aan de pols te houden is het van belang om, met gebruik making van bestaande meetpunten, aanvullende UFP metingen te doen, zodat ook in de toekomst de concentraties UFP, totale concentraties zowel als de bijdragen van de luchtvaart, gemonitord kunnen worden.

Extrapolatie van de resultaten naar het verleden (tot circa 2003) is mogelijk, maar de onzekerheid neemt snel toe.

De modellering van de situatie voor 2003 (opening Polderbaan) kan niet zonder substantiële extra inspanningen plaatsvinden. Daarom is het bij de opzet van epidemiologische studies aan te raden om alleen de blootstelling na 2003 in ogenschouw te nemen.

# 6 Duiding en haalbaarheid nader onderzoek met sterftecijfers

## 6.1 Inleiding

In paragraaf 6.2 wordt een indicatieve risicoschatting gedaan van de risico's van UFP blootstelling voor vroegtijdige sterfte. De informatie uit de risicoschatting wordt gebruikt om de resultaten uit hoofdstuk 3 en 4 nader te duiden. In paragraaf 6.3 wordt een zogeheten poweranalyse uitgevoerd. Met de informatie uit de poweranalyse wordt het mogelijk een uitspraak te doen over de opzet en haalbaarheid van een vervolgonderzoek naar vroegtijdige sterfte.

In beide paragrafen wordt het resultaat van een 'expert elicitation' over het potentiële risico van UFP op vroegtijdige sterfte gebruikt (Hoek et al., 2010). Er zijn geen studies naar de lange termijn effecten van UFP op vroegtijdige sterfte (Bezemer et al., 2015). Het resultaat uit de 'expert elicitation' is, zover bekend, de enige in de peer-review literatuur beschreven blootstelling-responsrelatie. Daarom is deze toegepast als richtsnoer in de indicatieve risicoschatting en voor de powerberekening.

## 6.2 Risicoschatting voor duiding resultaten

### *6.2.1 Blootstelling aan UFP*

Als eerste stap is aan elk woonadres op basis van de gemodelleerde gegevens een UFP concentratie door vliegverkeer toegekend. In Tabel 3 is de resulterende blootstellingsverdeling weergegeven. Deze verdeling, gebaseerd op de koppeling van het UFP grid aan alle woonadressen in 2014, wijkt af van de blootstellingsverdeling die voor het UFS cohort in Tabel 2 in hoofdstuk 4 is gegeven. Daar is de verdeling gebaseerd op een gemiddelde van het postcodegebied. De concentraties in het postcodegebied zijn 'uitgemiddeld', waardoor er in Tabel 2 minder 'extreme' concentraties in de verdeling optreden dan in Tabel 3 het geval is.

De cijfers over de blootstelling onder de 3.000 deeltjes/cm$^3$ zijn minder betrouwbaar, omdat het modelleergebied niet het gehele onderzoeksgebied dekt. Boven de 3.000 deeltje/cm$^3$ is de informatie wel volledig.

*Tabel 3: Verdeling van het aantal inwoners in 2014 per blootstellingsklasse op basis van de gemodelleerde UFP bijdrage van vliegverkeer op het woonadres.*

| Blootstellingsklasse | Inwoners | | Cumulatief |
|---|---|---|---|
| | Aantal | % | Aantal |
| ≥10.000 deeltjes/cm$^3$ | 4.800 | 0,27 | 4.800 |
| ≥9.000 – 10.000 | 6.300 | 0,36 | 11.100 |
| ≥8.000 – 9.000 | 12.500 | 0,72 | 23.700 |
| ≥7.000 – 8.000 | 31.100 | 1,8 | 54.800 |
| ≥6.000 – 7.000 | 56.400 | 3,2 | 111.200 |
| ≥5.000 – 6.000 | 61.600 | 3,5 | 172.800 |
| ≥4.000 – 5.000 | 192.300 | 11,0 | 365.100 |
| ≥3.000 – 4.000 | 363.100 | 20,8 | 728.200 |
| ≥2.000 – 3.000 | 688.300 | 39,4 | 1.416.500 |
| <2.000 deeltjes/cm$^3$ | 332.100 | 19,0 | 1.748.600 |

De populatie-gewogen gemiddelde blootstelling bedraagt 2.625 deeltjes/cm$^3$. Van de 4.800 inwoners met een blootstelling boven de 10.000 deeltjes/cm$^3$, zijn naar schatting ca. 4.600 personen blootgesteld aan 10.000 tot 15.000 deeltjes/cm$^3$, 150 personen tussen de 15.000 en 20.000 en 40 personen tussen de 20.000 en 27.000 deeltjes/cm$^3$.

Voor een inschatting van de omvang van het mogelijke risico van UFP afkomstig van vliegverkeer is gebruik gemaakt van de blootstellingsverdeling in Tabel 3.

### 6.2.2 *Blootstelling responsrelatie: gebaseerd op expert elicitation*

Om het risico en/of de omvang van de vroegtijdige sterfte te berekenen is, naast de blootstellingsverdeling, ook een blootstelling-responsrelatie nodig. Voor UFP is er geen relatie uit een studie of uit een meta-analyse beschikbaar. Daarom is gebruik gemaakt van het resultaat van een 'expert elicitation' (Hoek et al., 2010). Hierbij schatten 11 Europese deskundigen uit verschillende disciplines (klinische geneeskunde, toxicologie en epidemiologie) een blootstelling-responsrelatie voor UFP en sterfte. De experts waren ondermeer geselecteerd op basis van hun track-record in artikelen over UFP en gezondheid. Naast een gemiddelde schatting voor UFP (Relatief Risico 1,003 per 1.000 deeltjes/cm$^3$) werd ook de mate van onzekerheid in de relatie afgeleid. Het risico varieerde een factor 9; het 5 en 95 percentiel bedraagt respectievelijk 1,001 en 1,009 per 1.000 deeltjes/cm$^3$. Dit resultaat geldt niet specifiek voor emissies afkomstig van vliegverkeer, maar voor UFP in zijn algemeenheid.
We gebruiken in dit hoofdstuk voor UFP de uitdrukking *potentieel* risico omdat de blootstellingsresponsrelatie niet uit een studie of uit een meta-analyse maar door middel van 'expert elicitation' is verkregen.

### 6.2.3 *Resultaten indicatieve risicoschatting*

De resultaten van de indicatieve risicoschatting zijn in Tabel 4 beschreven als:

1) het indicatieve extra risico op sterfte per jaar dat gemiddeld in het onderzoeksgebied optreedt;

2) het indicatieve aantal vroegtijdige doden per jaar dat onder de bevolking van 30 jaar en ouder optreedt[4].

*Tabel 4: Indicatieve risicoschatting voor UFP afkomstig van vliegverkeer in het onderzoeksgebied, naar blootstellingsklasse. Tussen haakjes zijn de risico's vermeld wanneer het 5 en 95-percentiel van de schatting door het expert panel wordt toegepast.*

| Blootstellingsklasse | Indicatief extra risico op sterfte per jaar | Indicatief gemiddeld aantal vroegtijdige doden per jaar |
|---|---|---|
| ≥10.000 deeltjes/$cm^3$ | 3,4% [1,1-10%] | 1,4 [0,5-4,3] |
| ≥9.000 – 10.000 | 2,8% [0,9-8,5%] | 1,6 [0,5-4,8] |
| ≥8.000 – 9.000 | 2,5% [0,8-7,5%] | 2,8 [0,9-8,4] |
| ≥7.000 – 8.000 | 2,2% [0,7-6,6%] | 6,1 [2,0-18] |
| ≥6.000 – 7.000 | 1,9% [0,6-5,7%] | 9,6 [3,2-29] |
| ≥5.000 – 6.000 | 1,6% [0,5-4,8%] | 8,8 [2,9-26] |
| ≥4.000 – 5.000 | 1,3% [0,4-3,8%] | 22 [7,1-65] |
| ≥3.000 – 4.000 | 0,94% [0,3-2,8%] | 30 [10-91] |
| ≥2.000 – 3.000 | 0,63% [0,2-1,9%] | 39 [13-116] |
| <2.000 deeltjes/$cm^3$ | 0,36% [0,1-1,1%] | 1,7 [0,6-5,0] |
| | | |
| Gemiddeld resp. totaal | 0,78% [0,3-2,4%] | 120 [40-370] |

Uit Tabel 4 blijkt dat blootstelling aan UFP afkomstig van vliegverkeer kan leiden tot een gemiddeld extra risico op sterfte in het onderzoeksgebied van ca. 0,78%. Dit potentiële risico kan leiden tot ca. 120 vroegtijdige doden per jaar onder 1,2 miljoen personen van 30 jaar of ouder in het onderzoeksgebied. Wordt het 5- of 95-percentiel uit de 'expert elicitation' gebruikt, dan varieert het potentiële risico tussen de 0,3 en 2,4%, overeenkomend met een geschatte omvang van 40-370 vroegtijdige sterfgevallen per jaar.

Het aantal extra vroegtijdige sterfgevallen wordt mede door het aantal inwoners per blootstellingscategorie bepaald. Het absolute aantal te verwachten extra sterfgevallen in de hoogste categorieën is daarom gering van omvang (zie Tabel 4, kolom 3). In de relatief lage blootstellingscategorieën (onder de 5.000 deeltjes/$cm^3$); is het potentiële extra risico kleiner dan 1,5%, maar is het aantal vroegtijdige sterfgevallen in absolute zin hoger door het grotere inwonersaantal.

De resultaten uit Tabel 4 zijn gebaseerd op de hele populatie van 30 jaar en ouder. De analyses in hoofdstuk 4 hebben betrekking op ca. 60% van deze populatie vanwege het criterium voor woonduur op het adres. Dit betekent dat het te verwachten absoluut aantal extra gevallen in het UFP cohort 40% kleiner is dan hierboven voor de hele populatie is beschreven.

[4] Het is gebruikelijk de lange-termijn effecten van luchtverontreiniging op sterfte uit te drukken in verloren levensjaren en niet in het aantal vroegtijdige sterfgevallen (Knol et al., 2009). In dit geval hebben we echter voor het aantal sterfgevallen gekozen. Met dit aantal is het eenvoudiger om de resultaten uit de hoofdstukken 3 en 4 te duiden.

### 6.2.4 *Duiding van de resultaten van de analyses van sterftecijfers*

In hoofdstuk 3 is aangegeven dat de sterfterisico's in afzonderlijke postcodegebieden een relatief grote onnauwkeurigheid kennen omdat de risico's op gemiddeld 40 sterfgevallen per jaar zijn gebaseerd. Tabel 4 illustreert dat, op grond van de resultaten van het expert panel, de potentiële risico's van de blootstelling aan UFP relatief klein zijn. Bij een statistische analyse van geïsoleerde postcodegebieden zijn deze potentiële extra risico's lastig te detecteren, omdat ze al snel verdwijnen in de, mede door de kleine populatie geïntroduceerde, variatie van de sterfterisico's.
Ook voor de analyses in hoofdstuk 4 geldt dat deze een beperkte zeggingskracht hebben, omdat ook hier verzamelingen van postcodegebieden afzonderlijk zijn bekeken. Het deelgebied met de hoogste UFP belasting (postcodegebieden belast met 8.000 of meer deeltjes/$cm^3$) kent bijvoorbeeld gemiddeld 130 sterfgevallen per jaar. Ook hier speelt de relatief grote onnauwkeurigheid in de sterfterisico's parten.

In het UFS cohort van bijna 700.000 inwoners zijn er jaarlijks ongeveer 10.000 sterfgevallen. In een eventueel uit te voeren cohortstudie wordt gebruik gemaakt van de informatie van de eventueel verhoogde risico's in alle blootstellingcategorieën (zelfs tot op het woonadres), terwijl in dit rapport geïsoleerde (verzamelingen van) postcodegebieden zijn bekeken. Een cohortonderzoek heeft daarom een groter onderscheidend vermogen dan kan worden bereikt met de methodieken die in het huidige onderzoek konden worden toegepast. Het onderscheidend vermogen van een mogelijk cohortonderzoek komt in paragraaf 6.3 aan bod.

### 6.2.5 *Samenhang UFP met andere deeltjesvormige componenten*

Een met de duiding samenhangende vraag is of het wel mogelijk is onderscheid te kunnen maken tussen de mogelijke sterfterisico's van UFP van de luchtvaart en de al bekende sterfterisico's van andere deeltjesvormige componenten van de vliegemissies, zoals PM10, PM2,5 en roet. De concentraties van UFP en deze stoffen zijn namelijk onderling hoog gecorreleerd als uitsluitend naar de luchtvaartbijdrage wordt gekeken. De risicoschatting is daarom ook voor de andere deeltjesvormige componenten uit vliegtuigemissies uitgevoerd. Het resultaat is voor PM10 en UFP van luchtvaart in Tabel 5 weergegeven. In de tekst wordt kort op het resultaat voor PM2,5 en roet ingegaan.

*Tabel 5: Indicatieve risicoschatting voor PM10 en UFP afkomstig van vliegverkeer in het onderzoeksgebied.*

| | Component | |
|---|---|---|
| **Studiekenmerken** | **PM10** | **UFP** |
| Risico (HR of RR) | 1,04[a] per 10 µg/m$^3$ | 1,003 [1,001-1,009] per 1.000/cm$^3$ |
| Type studie | Cohort | Expert elicitation |
| Bron | Fischer et al. 2015 | Hoek et al., 2010 |
| | | |
| **Luchtvaartbijdrage in onderzoeksgebied** | **PM10** | **UFP** |
| Populatie-gewogen gemiddelde concentratie | 0,00656 µg/m$^3$ | 2.625 deeltjes/cm$^3$ |
| Indicatief extra risico op sterfte in onderzoeksgebied | 0,0028% | *0,79%[b] [0,26-2,4%]* |
| Indicatief aantal vroegtijdige doden per jaar onder bevolking 30 jaar en ouder | < 1 | *120[b] [40-370]* |

[a] Bevinding gebaseerd op totale PM10 concentratie; niet specifiek voor luchtvaart

[b] Met meer onzekerheid omgeven dan voor PM10 het geval is, omdat het resultaat op een `expert elicitation' en niet op een studieresultaat is gebaseerd.

In Tabel 5 zijn de resultaten van UFP cursief weergegeven om het onderscheid met de resultaten van PM10 te benadrukken: indicatieve schatting van nog onbekend sterfterisico (UFP) versus schatting voor een bekend risico (PM10).

Uit de resultaten van Tabel 5 kan worden opgemaakt dat de onderlinge correlatie tussen PM10 en UFP van de luchtvaart waarschijnlijk geen probleem is. UFP van luchtvaart is, uit gezondheidskundig oogpunt, potentieel een meer relevante component dan (alleen) PM10 uit luchtvaartemissies. Wanneer de vliegtuigemissie alleen wordt beoordeeld op basis van de bijdrage van PM10 aan de concentraties in het onderzoeksgebied, dan zou dit tot een lager extra risico hebben geleid en tot een kleinere omvang van de vroegtijdige sterfte (< 1 extra per jaar). Het verschil in risico is bijna een factor 300 (0,79% op basis van UFP en 0,028% op basis van alleen PM10).

Als we dezelfde oefening (vereenvoudigd) voor andere deeltjesvormige componenten van vliegtuigemissies (PM2,5 en roet) herhalen, wordt een vergelijkbaar resultaat als voor PM10 gevonden (niet in de tabel vermeld). Het is daarmee aannemelijk dat het potentiële risico van UFP van luchtvaart in onderzoek kan worden onderscheiden van de risico's van andere deeltjesvormige componenten uit vliegtuigemissies.

In Tabel 6 zijn de totale concentratie in het onderzoeksgebied van PM10 en, zeer indicatief, die van UFP opgenomen. Hiermee kunnen de bevindingen uit Tabel 4 en 5 over de potentiële consequenties van UFP van luchtvaart in een breder perspectief worden geplaatst.

*Tabel 6: Indicatieve risicoschatting voor de totale concentratie PM10 en UFP en voor UFP afkomstig van luchtvaart in het onderzoeksgebied.*

| **Component (bron)** | **PM10 (totaal)** | **UFP (luchtvaart)** | **UFP (totaal)** | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ***Indicatieve ondergrens*** | ***Indicatieve bovengrens*** |
| Populatie-gewogen gemiddelde concentratie | 21 µg/m$^3$ | 2.625 deeltjes/cm$^3$ | *12.625*[b] *deeltjes/cm*$^3$ | *22.625*[b] *deeltjes/cm*$^3$ |
| Gemiddeld extra risico op sterfte in onderzoeksgebied | 8,9%[c] (inclusief $NO_2$: 13,3%[d,e]) | *0,79%*[a] *[0,26-2,4%]* | *3,8%*[a,c] *[1,3-11%]* | *6,8%*[a,c] *[2,3-20%]* |
| Aantal vroegtijdige doden per jaar onder bevolking 30 jaar en ouder | 1.400[c] (inclusief $NO_2$: 2.100[d,e]) | *120*[a] *[40-370]* | *590*[a,c] *[200-1.800]* | *1.100*[a,c] *[350-3.200]* |

[a] Met meer onzekerheid omgeven dan voor PM10 het geval is, omdat het resultaat op een `expert elicitation' en niet op een studieresultaat is gebaseerd.
[b] Bij gebrek aan informatie over de UFP concentratie in het onderzoeksgebied is indicatief met de (afgeronde) range van de stedelijke achtergrond in Amsterdam gerekend, nl. 10.000 en 20.000 deeltjes/ cm$^3$ (zie Tabel 5 in Bezemer et al., 2015). Hierbij is de gemiddelde bijdrage van de luchtvaart (2.625 deeltjes/cm$^3$) opgeteld.
[c] Risico's en omvang sterfte van de componenten in deze rij kan niet bij elkaar worden opgeteld, omdat de effecten naar aller waarschijnlijk elkaar deels overlappen.
[d] Wanneer het effect van de totale PM10 en totale $NO_2$ concentratie te samen wordt beschouwd.
[e] Dit komt overeen met ca. 15 maanden levensduurverkorting

In 2013 was de populatie gemiddelde blootstelling in het onderzoeksgebied aan PM10 afkomstig van alle bronnen 21 µg/m$^3$. (Tabel 6, kolom 2). Dit leidt tot ca. 1.400 vroegtijdige sterfgevallen per jaar. Wanneer we op basis van de resultaten van de DUELS studie ook $NO_2$ van alle bronnen (23 µg/m$^3$, niet in de tabel vermeld) mee beschouwen, wordt geschat dat de blootstelling in het onderzoeksgebied aan deze twee relevante (algemene) luchtverontreinigingscomponenten samen leidt tot ongeveer 2.100 vroegtijdige sterfgevallen per jaar.
De UFP bijdrage van vliegverkeer (in potentie tussen de 40-370 sterfgevallen, Tabel 6 kolom 3) kan naar verwachting de omvang van de effecten van algemene luchtverontreiniging op vroegtijdige sterfte in het gehele onderzoeksgebied met ongeveer 2 tot 18% verhogen. Deze relatieve verhouding loopt over het algemeen op naarmate de concentratie UFP door de luchtvaart meer is verhoogd (zie Tabel 4 voor oplopend potentieel risico per blootstellingsklasse).

Voor de totale concentratie UFP in het onderzoeksgebied is het resultaat van een *zeer indicatieve* risicoschatting in kolom 4 en 5 van Tabel 6 opgenomen. Bij gebrek aan informatie over de UFP concentratie in het onderzoeksgebied is indicatief de (afgeronde) range van de stedelijke achtergrond in Amsterdam genomen, nl. 10.000 en 20.000 deeltjes/ cm$^3$ (zie Tabel 5 in Bezemer et al., 2015). Hierbij is de gemiddelde bijdrage van de luchtvaart (2.625 deeltjes/cm$^3$) opgeteld. Bij een gemiddelde achtergrondconcentratie van 10.000 deeltjes/cm$^3$ draagt de luchtvaart 20% bij aan het totale potentiële risico voor vroegtijdige sterfte van UFP in het onderzoeksgebied. De aanname hierbij is dat de

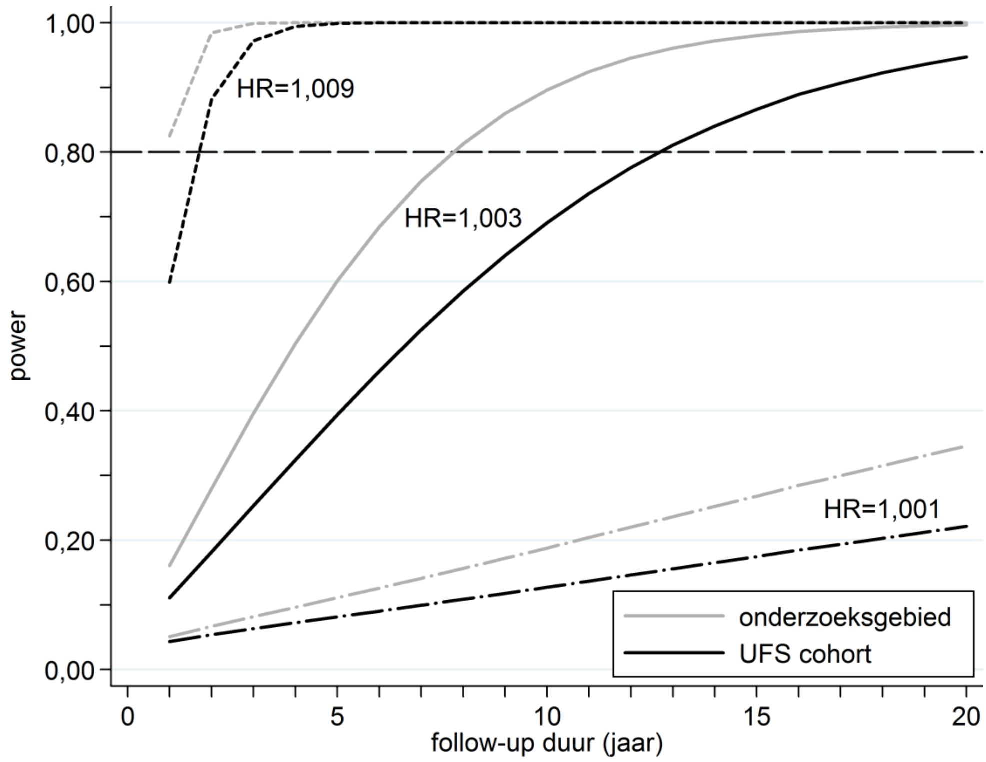
toxiciteit van UFP van vliegverkeer gelijk is aan die van de UFP achtergrondconcentratie. Wanneer verondersteld wordt dat de UFP achtergrondconcentratie hoger is (20.000 in plaats van 10.000 deeltjes/$cm^3$), dan is de bijdrage in relatieve zin ca. 11%. De absolute bijdrage van de luchtvaart aan de potentiële risico's verandert hier niet door.

Zoals hierboven aangegeven, zijn de resultaten voor de totale UFP concentratie in Tabel 8 zeer indicatief. De totale concentraties in het onderzoeksgebied zijn geschat, evenals het potentiële risico van deze concentraties. Tenslotte moet worden benadrukt dat de getallen in de rijen van Tabel 8 niet bij elkaar mogen worden opgeteld, omdat UFP onderdeel is van PM10. In het effect van de totale concentratie PM10 zit in een deel van het effect van de totale concentratie UFP. Op dit moment is, vanwege de kennislacune in de blootstelling en risico's van UFP, niet te duiden hoe groot de `dubbeltelling' is.

## 6.3 Poweranalyse voor nader onderzoek met sterftecijfers

Er is een powerberekening uitgevoerd met de methodiek van Hsieh en Lavori (2000) om een uitspraak te kunnen doen over de opzet en haalbaarheid van een vervolgonderzoek naar vroegtijdige sterfte. Met power wordt, eenvoudig gezegd, de kans bedoeld dat, in dit geval, een bestaand effect van UFP van vliegverkeer in een statistische analyse wordt opgepikt. In het Nederlands wordt ook wel gesproken over onderscheidend vermogen. Figuur 17 geeft de statistische power van een nader onderzoek naar de relatie tussen de gemodelleerde UFP concentraties op het woonadres en sterfte weer.

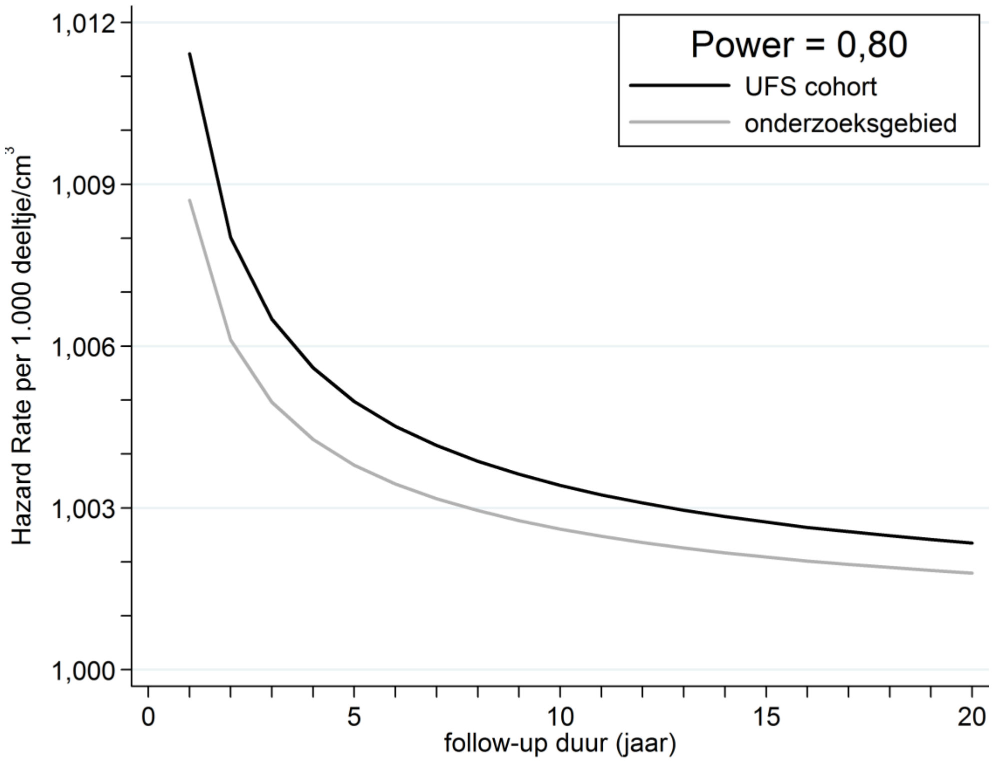
De berekeningen zijn uitgevoerd voor zowel het gehele onderzoeksgebied als voor het UFS cohort. In beide gevallen is gerekend met een standaard deviatie in de blootstelling van 2.600 deeltjes/$cm^3$ en een sterfterisico van 1,3% in het startjaar. Dit risico loopt iets op naarmate de follow-up duur toeneemt, omdat de cohortdeelnemers ouder worden. Voor het gehele onderzoeksgebied is gerekend met een populatie van 1,2 miljoen inwoners van 30 jaar of ouder. Op basis van de blootstelling-responsrelatie uit de 'expert elicitation' is berekend wat de statistische power is bij verschillende follow-up perioden. Er is geen rekening gehouden met de samenhang tussen de UFP blootstelling en andere variabelen en met de onzekerheid in de modellering van de UFP concentraties. Beide factoren hebben een negatieve invloed op de power.




*Figuur 17 Statistische power van nader onderzoek naar sterfte in het gehele onderzoeksgebied en het UFS cohort in relatie tot de harzard ratio (HR) en de follow-up tijd*

Een power van 0,80 (80% kans om een bestaand effect te kunnen aantonen) wordt gewenst geacht. In Figuur 17 is te zien dat hiervoor voor het gehele onderzoeksgebied een follow-up periode van ca. 8 jaar nodig zou zijn, wanneer de hazard ratio 1,003 per 1.000 deeltjes/$cm^3$ zou bedragen. Voor het UFS cohort is dit circa 12 jaar. De reden voor de lagere power van het UFS cohort is dat voor het gehele onderzoeksgebied met een populatie van 1,2 miljoen is gerekend (alle inwoners ouder dan 30), terwijl het UFS cohort uit 708.818 personen bestaat (vanwege de selectie op verhuisgedrag).

Zoals eerder aangegeven is de gebruikte HR niet afgeleid uit een studie of meta-analyse maar een ‘expert elicitation’. Daarom is ook berekend welke HR met een power van 0.80 significant kan worden aangetoond. Het resultaat is in Figuur 18 weergegeven.




*Figuur 18 Hazard ratio voor UFP die significant zou kunnen worden aangetoond in relatie tot de follow-up tijd*

Met het huidige UFP cohort zou een HR van 1,004 per 1.000 deeltjes/cm$^3$ aangetoond kunnen worden. Bij een verlenging van de follow-up duur t/m 2015 is dit 1,003 per 1.000 deeltjes/cm$^3$. In het UFS cohort wordt verondersteld dat de blootstelling in de vijf jaren voorafgaand aan de startdatum van het cohort (periode 1999-2004) maatgevend is voor het effect dat na de startdatum (1 januari 2004) optreedt. Door de opening van de Polderbaan in 2003 en de veranderende blootstelling die hierbij is opgetreden, dient bij een eventueel vervolgonderzoek de startdatum van het UFS cohort echter te worden opgeschoven. Om een HR van 1,003 per 1.000 deeltjes/cm$^3$ te detecteren, strekt de benodigde follow-up duur zich in dat geval tot na 2015 uit.

## 6.4 Discussie en conclusie

### *6.4.1 Duiding van resultaten uit het onderzoek*

Voor de duiding en de powerberekeningen is als leidraad gebruik gemaakt van het resultaat van een ‘expert elicitation’ uit 2009 (Hoek et al., 2010). Dit is, zover bekend, de enige beschikbare kwantitatieve informatie over een potentiële blootstelling-responsrelatie voor vroegtijdige sterfte van lange termijn blootstelling aan UFP. Het oordeel van de experts liep een factor 9 uiteen: zowel een factor 3 omlaag als omhoog. In het resultaat van de oriënterende risicoschatting is de onzekerheid in de blootstelling aan UFP van luchtvaart niet verwerkt. Deze bedraagt een factor 3 (50% omhoog en 50% omlaag) in het binnengebied van de metingen en iets hoger daarbuiten (zie paragraaf 5.2).

Uit de resultaten van de indicatieve risicoschatting blijkt dat blootstelling aan UFP afkomstig van vliegverkeer kan leiden tot een gemiddeld potentieel extra risico op sterfte in het onderzoeksgebied van ca. 0,8% onder de bevolking van 30 jaar of ouder en ca. 120 vroegtijdige sterfgevallen per jaar voor het gehele onderzoeksgebied (range 40-370).

In het gebied rond Schiphol met een blootstelling aan 8.000 deeltjes of meer per $cm^3$, loopt de het potentiële risico op tot 2,7%, met een variatie van 0,9 tot 8,3%. De totale omvang van de vroegtijdige sterfte in dit gebied bedraagt gemiddeld 5,8 sterfgevallen per jaar (range 1,9-17,4) (eerste drie regels samengevoegd uit Tabel 4).
Gezien de relatief kleine risico's bij de lagere UFP niveaus (zie Tabel 4) en het relatief klein aantal te verwachten extra sterfgevallen per jaar in de hogere blootstellingscategorieën is het aannemelijk dat de in hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4 gebruikte onderzoekstechnieken niet het onderscheidend vermogen hebben om dergelijk verhogingen te detecteren. Dit komt onder meer omdat gekeken is naar geïsoleerde gebieden (afzonderlijke postcodegebieden in hoofdstuk 3 en verzamelingen van postcodegebieden in hoofdstuk 4). Kleine verhogingen in sterftecijfers gaan al snel op in de natuurlijke variatie in deze gebieden. In het korte tijdbestek van dit onderzoek kon de relatie met UFP op het woonadres niet worden onderzocht.

De benodigde duur van een cohortonderzoek (paragraaf 6.3) om het sterfterisico ter grootte van de schatting van het expert panel te detecteren onderstreept nog eens dat het niet aannemelijk is dat met de toegepaste methoden lokaal dergelijke risico's kunnen worden gesignaleerd.

Dat er in hoofdstuk 3 geen consistent patroon in de sterfterisico's is aangetroffen en dat in hoofdstuk 4 de sterfterisico's niet in belangrijke mate afwijken van wat kan worden verwacht, sluit dan ook niet uit dat de UFP belasting van de luchtvaart kan leiden tot een verhoging van het sterfterisico.

### 6.4.2 *Samenhang UFP met andere deeltjesvormige componenten*

Om de vraag te beantwoorden of de mogelijke sterfterisico's van UFP van de luchtvaart wel onderscheiden kunnen worden van de risico's van andere deeltjesvormige componenten van vliegemissies, is ook een risicoschatting voor PM10 uit de luchtvaart uitgevoerd. Het resultaat voor de risicoschatting voor vliegtuigemissies op basis van UFP is bijna een factor 300 hoger dan op basis van die van alleen PM10. Deze uitkomst benadrukt de potentiële gezondheidskundige relevantie van UFP van de luchtvaart en maakt het aannemelijk dat het potentiële risico van UFP van luchtvaart in studies kan worden onderscheiden van het risico van andere componenten.

De UFP bijdrage van luchtvaart kan, in potentie, de omvang van de effecten van algemene luchtverontreiniging op vroegtijdige sterfte in het gehele onderzoeksgebied met ongeveer 2 tot 18% verhogen. Deze schatting is indicatief en met veel onzekerheid omgeven die niet allemaal tot uitdrukking komen in de genoemde spreidingsbreedte. Er

zijn namelijk geen studies naar de sterfterisico's van UFP afkomstig van luchtvaart uitgevoerd.

In een recent rapport van EEA, EASA en Eurocontrol (EEA et al., 2016) wordt de verwachting uitgesproken dat het aantal vliegbewegingen in Europa tussen 2014 en 2035 met 45% zal groeien. De emissies van $CO_2$ en stikstofoxiden door vliegverkeer zijn in de afgelopen 25 jaar toegenomen en er wordt aangenomen dat deze in de komende 20 jaar vrijwel in dezelfde mate zullen stijgen als het aantal vliegbewegingen. Ook voor de uitstoot van fijn stof wordt in de periode 2014-2035 een toename in de uitstoot verwacht. De onzekerheid hierin is echter groter dan voor $CO_2$ en stikstofoxiden, omdat mogelijke technologische ontwikkelingen niet in de raming zijn meegenomen. In het rapport van de EEA, EASA en Eurocontrol wordt aangegeven dat richtlijnen voor de uitstoot van deeltjesvormige verontreiniging uit vliegtuigmotoren naar verwachting binnenkort van kracht zullen worden (EEA et al., 2016).

Voor de blootstelling aan UFP van wegverkeer geldt dat er in Europese steden sprake is van een dalende trend (Kumar et al., 2014). De reductie hangt waarschijnlijk samen met de introductie van deeltjesfilters voor dieselmotoren en de vermindering van het zwavelgehalte in brandstof. Ook in metingen in Amsterdam komt deze reductie tot uitdrukking (Montagne et al., 2015).
Voor wegverkeer geldt dat de verhouding tussen de emissie van UFP en PM10 naar waarschijnlijkheid één of twee ordes kleiner is dan voor vliegverkeer. Het aantal deeltjes per µg PM10 is in emissies van wegverkeer aanmerkelijk kleiner dan bij vliegverkeer. Dit betekent dat het in studies naar de lange-termijn effecten van emissies van wegverkeer moeilijker is onderscheid te maken tussen de effecten van verschillende deeltjesvormige componenten dan voor vliegverkeer het geval is. Bovendien is er voor wegverkeeremissies al vastgesteld dat roet gezondheidskundig relevanter is dan PM10 (Janssen et al., 2011).

Gezien de onzekerheden in de risicoschatting van UFP, de onzekerheden in de bijdrage van luchtvaart en de verwachte trend in de emissies van de luchtvaart wordt het zinvol geacht in een verdiepend vervolgonderzoek de risico's van UFP van de luchtvaart nader te bekijken. In een dergelijk onderzoek kan voor de invloed van wegverkeer gerelateerde luchtverontreiniging worden gecorrigeerd door vooralsnog roet als indicator voor de mogelijke effecten van UFP van wegverkeer te gebruiken.

### 6.4.3 *Power cohortonderzoek*

Een cohortstudie naar de relatie tussen UFP afkomstig van vliegverkeer en vroegtijdige sterfte ontleent zijn power niet alleen aan het aantal inwoners in de hoogste blootstellingscategorieën, maar ook aan informatie uit de lagere blootstellingsklassen. Een goede karakterisering van de blootstelling, ook bij lagere UFP concentraties, is daarom een belangrijke voorwaarde voor een dergelijk onderzoek.

Uit een oriënterende power analyse blijkt dat een follow-up tijd van tenminste 8 tot 12 jaar nodig is om een hazard ratio van 1,003 per 1.000 deeltjes/$cm^3$ (gelijk aan die uit de 'expert elicitation') aan te kunnen tonen. Deze duur is indicatief, gezien de onzekerheden in de

aannamen bij de powerberekeningen. Zo leidt de onzekerheid in de blootstellingsmodellering van UFP van luchtvaart tot een lagere power.

### 6.4.4 *Doorlooptijd cohortonderzoek*

Door de looptijd van de selectie uit het huidige DUELS cohort tenminste te verlengen t/m 2015 zou een HR van 1,003 aangetoond kunnen worden. In het DUELS cohort is het jaar 2004 als startjaar gebruikt en er is een periode van 5 jaar gehanteerd (1999 t/m 2003) als minimale blootstellingsperiode voorafgaande aan de follow-up. In 2003 is de Polderbaan geopend. Zoals beschreven in hoofdstuk 5, waren voor die tijd de concentraties UFP anders verspreid rond Schiphol. Dit heeft als consequentie dat een nieuw cohort, met een recentere startdatum, gedefinieerd moet worden. Als vanaf 2003 dezelfde minimale blootstellingperiode wordt gehanteerd als in het DUELS cohort (5 jaar) en de populatie tenminste 10 jaar gevolgd wordt, zijn sterftecijfers uit de periode 2008-2018 benodigd. De resultaten van een dergelijke studie kunnen dan in 2020 worden verwacht. Wanneer een kortere blootstellingsperiode voorafgaand aan de startdatum van het cohort wordt gebruikt, kan dit 2-3 jaar eerder zijn. Het nadeel hiervan is dat er waarschijnlijk minder goede informatie over co-variabelen zoals roken of overgewicht aanwezig is dan wanneer in 2008 wordt begonnen. GGD'en doen regelmatig onderzoek naar gezondheid en leefstijlfactoren op lokaal niveau. Sinds 2008 worden hierbij standaardvraagstellingen gehanteerd. Dit betekent dat vanaf dat jaar op een meer vergelijkbare manier informatie over leefstijlfactoren wordt verzameld (Van den Brink, 2011).

Bij een kortere follow-up duur kunnen in een cohortonderzoek alleen hogere hazard ratio's worden gedetecteerd dan die genoemd door het expert panel. Een hazard ratio in de orde van 1,005-1,009 per 1.000 deeltjes/$cm^3$ kan bijvoorbeeld worden opgepikt met een looptijd van (tenminste) 5-7 jaar. Recent zijn ook UFP concentraties rond de luchthavens Eindhoven Airport en Rotterdam The Hague Airport oriënterend gemodelleerd (ESC, 2016a en 2016b). In een onderzoek met bestaande registratiegegevens kunnen deze luchthavens eenvoudig worden toegevoegd. Het wordt niet verwacht dat de power van een mogelijk Nederlands vervolgonderzoek sterk zal verbeteren door toevoeging van deze twee luchthavens, omdat de bijdrage van de luchtvaart aan de UFP concentraties bij deze luchthavens aanmerkelijk lager is dan rond Schiphol. Het is onwaarschijnlijk dat op een zinvolle wijze over de afzonderlijke bevindingen over sterfterisico's bij regionale luchthavens kan worden gerapporteerd.

UFP blootstelling van de luchtvaart is niet uniek voor Nederland. Het onderwerp leent zich bij uitstek om in de vorm van een zogeheten internationale multi-centre studie te worden onderzocht. De benodigde informatie wordt dan niet uit één studie, maar uit een aantal, vergelijkbaar opgezette, studies gehaald rondom een aantal internationale luchthavens. Dit leidt tot een groter onderscheidend vermogen. In een multi-centre studies kunnen (sneller) lagere hazard ratio's worden vastgesteld, dan in afzonderlijke studies mogelijk is.

### 6.4.5 *Samenvattend*

Vanwege de korte doorlooptijd is het onderzoek beperkt van aard en geeft het slechts een eerste beeld van de mogelijke risico's.

Er is een relatief klein aantal extra sterfgevallen per jaar te verwachten in de hogere blootstellingscategorieën van UFP van luchtvaart en er treden relatief kleine extra risico's bij de lagere UFP niveaus op, wanneer de schatting over het sterfterisico van UFP van een expert panel wordt gebruikt. Het is aannemelijk dat de in hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4 gebruikte onderzoekstechnieken niet het onderscheidend vermogen hebben om deze verhogingen te detecteren.

Dat er geen consistent patroon in de sterfterisico's is aangetroffen of dat de sterfterisico's niet in belangrijke mate afwijken van wat kan worden verwacht, sluit dan ook niet uit dat de UFP belasting door de luchtvaart kan leiden tot een verhoging van het sterfterisico.

Het wordt, gezien de potentiële risico's van UFP en de verwachte ontwikkelingen in de emissies, wenselijk geacht in een vervolgonderzoek de risico's van UFP van luchtvaart nader vast te stellen. Onderzoek naar de effecten van lange termijn blootstelling van UFP van andere bronnen vergt een andere studie-opzet dan voor UFP van luchtvaart.

De uitvoering van een cohortonderzoek rondom luchthavens waarin wordt bestudeerd of er sprake is van een relatie tussen de UFP blootstelling op het woonadres en het risico op vroegtijdige sterfte is haalbaar.
Randvoorwaarden hierbij zijn dat de blootstelling aan UFP in het volledige onderzoeksgebied wordt gemodelleerd en dat het model wordt gevalideerd aan de hand van (lange-termijn) metingen in het onderzoeksgebied. Op basis van deze metingen kan het model ook verder worden verbeterd.
Daarnaast is het gewenst dat in het cohortonderzoek zo optimaal mogelijk gebruik wordt gemaakt van informatie over leefstijlfactoren, bijvoorbeeld verzameld met de gezondheidsmonitor van GGD'en.

# 7 Haalbaarheid nader onderzoek naar andere gezondheidseindpunten

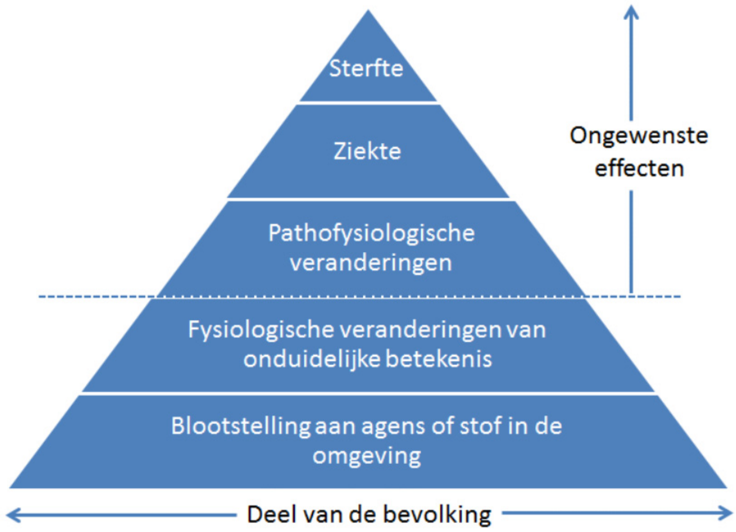
## 7.1 Inleiding

Het Health Effects Institute in de Verenigde Staten heeft in hun risico-evaluatie van UFP gekeken naar een palet van uiteenlopende gezondheidseffecten (HEI, 2013):

- Effecten op de luchtwegen inclusief een toename van het aantal ontstekingen in de long, het aantal allergische reacties en verminderde longfunctie;
- Effecten op het hart- en vaatsysteem, inclusief het beloop of de verergering van hart- en vaatziekten, en
- Effecten op het neurologisch systeem, inclusief een toename van het aantal ontstekingsreacties en nadelige effecten in de hersenen.

Deze effecten werden geselecteerd omdat deze eindpunten in de literatuur in relatie zijn gebracht met de blootstelling aan deeltjesvormige luchtverontreiniging in zijn algemeen én omdat aangenomen wordt dat deze gezondheidseffecten kunnen optreden door de fysische en chemische eigenschappen van UFP.

Vervroegde sterfte wordt gezien als het spreekwoordelijke topje van de ijsberg. Het aantal mensen dat vervroegd sterft is klein in verhouding tot het aantal mensen waarbij ongewenst functieverlies, klachten of ziekte kan optreden. In Figuur19 is schematisch weergegeven hoe (theoretisch) de verhouding is tussen het aantal personen blootgesteld aan een milieubelasting, het aantal mensen bij wie (tijdelijke, omkeerbare) fysiologische reacties meetbaar is, het aantal mensen waar sprake is van ongewenst functieverlies zonder dat dit direct leidt tot klachten of ziekten, en het aantal ziekte- en sterfgevallen.




*Figuur 19: Verdeling van milieu-gerelateerde gezondheidseffecten onder de bevolking (schema gebaseerd op American Thoracic Society, Andrews et al., 1985)*

Het wordt daarom zinvol en wenselijk geacht naast mogelijke sterfterisico's van UFP in de bevolking ook te kijken naar een palet van mogelijke gezondheidseffecten en dit als geheel te beschouwen. Juist omdat de aard van de mogelijke effecten zo uiteenloopt, is het verstandig breed in te zetten. Mocht er bijvoorbeeld geen relatie tussen blootstelling aan UFP en luchtwegaandoeningen kunnen worden gelegd, dan betekent dit namelijk niet dat er geen relaties zijn met andere gezondheidseindpunten.

## 7.2 Opties voor vervolgonderzoek

### *7.2.1 Inleiding*

In het rapport "Nader verkennend onderzoek UFP rond Schiphol; RIVM-rapport 2015-0110" zijn een aantal opties voor vervolgonderzoek genoemd. Naast onderzoek met sterftecijfers zijn hier ook mogelijkheden voor onderzoek naar andere gezondheidseffecten genoemd. Dit betreft zowel onderzoek naar de effecten van kortdurende verhogingen van UFP (acute effecten) als onderzoek naar effecten van langdurige blootstelling.

Deze opties zijn besproken in een workshop met experts vanuit het IRAS (Universiteit Utrecht), VU (Vrije Universiteit) Medisch Centrum, GGD'en en het RIVM. Ter voorbereiding van de workshop is aan de deelnemers informatiemateriaal toegestuurd waarin verschillende vervolgonderzoeksmogelijkheden werden benoemd (zie bijlage 9). Tijdens de workshop zijn deze opties toegelicht. Hierna volgde discussie over nut en haalbaarheid van de verschillende opties. Aan het eind van de workshop is over het geheel van mogelijke vervolgstudies gediscussieerd.
Een verslag van de workshop is bijgevoegd in bijlage 10.

De volgende opties zijn besproken:

*Onderzoek naar gezondheidseffecten door kortdurende verhoogde blootstelling (acute effecten):*

1. Tijdseries-onderzoek, waarbij de relatie tussen dag-tot dag variatie in sterfte en/of ziekenhuisopnames en gemodelleerde UFP niveaus wordt onderzocht;
2. Panel studies, waarbij een kleine groep personen (bijvoorbeeld kinderen, ouderen) gedurende enkele maanden gevolgd wordt met klachtendagboekjes en/of gezondheidsmetingen, en waarbij gedurende de studieperiode continu UFP metingen op een beperkt aantal locaties worden uitgevoerd;
3. Vrijwilligersonderzoek, waarbij een beperkte groep vrijwilligers gedurende korte tijd al dan niet wordt blootgesteld aan UFP afkomstig van vliegtuigen nabij een startbaan. Bij deze personen worden vervolgens zowel voor als na het verblijf gezondheidsmetingen verricht. Dit type onderzoek kan zowel in de buitenlucht als in een geblindeerd laboratorium op locatie worden uitgevoerd en er kan een vergelijking worden gemaakt met blootstelling aan UFP van bijvoorbeeld wegverkeer of dieselmotor;

4. Toxicologisch onderzoek met verzameld UFP, dan wel onderzoek op locaties rondom Schiphol en locaties met door verkeersemissies gedomineerd UFP.

*Onderzoeken naar gezondheidseffecten door langdurige blootstelling:*

1. Cohortonderzoek, waarbij sterftestatistieken uit registraties van het CBS worden gekoppeld aan de gemodelleerde UFP bijdrage op het woonadres (zie hoofdstuk 6);
2. Idem voor medicatie-verstrekkingen (als maat voor specifieke aandoeningen) en geboorte-uitkomsten (zwangerschapsduur en geboortegewicht);
3. Vragenlijstonderzoek onder omwonenden /GGD Gezondheidsmonitor 2012 en/of 2016
   In de vragenlijst worden vragen gesteld over onder andere gezondheid, welbevinden en risicofactoren op ziekte (leefstijlfactoren zoals roken). Deze informatie kan gerelateerd worden aan de gemodelleerde UFP bijdrage op het woonadres. Er kan een zelfstandig onderzoek worden opgezet of aansluiting worden gezocht bij de lokale GGD Gezondheidsmonitor.

### *7.2.2 Conclusies vanuit de workshop*

De workshopdeelnemers vinden dat er voldoende aanleiding is om vervolgonderzoek te doen naar de gezondheidseffecten van UFP rondom de luchthaven Schiphol om de volgende redenen:

- Op basis van de bestaande kennis over de effecten van UFP op de gezondheid wordt het optreden van aantoonbare effecten op sterfte en ziektelast in de omgeving van Schiphol waarschijnlijk geacht;
- Er leven in de 2 aanwezige GGD-regio's rondom de luchthaven zorgen en maatschappelijke vragen over aard en omvang van deze effecten;
- Het betreft ca. 700.000 omwonenden die blootgesteld worden aan een UFP bijdrage van de luchtvaart van 3.000 deeltjes/$cm^3$ of meer. Daarmee betreft het een substantieel deel van de Nederlandse populatie.

Vele van de voorgelegde opties worden door de deelnemers haalbaar geacht; de gemiddelde doorlooptijd van de afzonderlijke onderzoeksopties wordt op ca. 2 jaar geschat.

Het is belangrijk om meerdere gezondheidseffecten te onderzoeken (niet alleen sterfte) omdat dit een integrale en samenhangende interpretatie van de gezondheidseffecten mogelijk maakt, waardoor wordt voorkomen dat resultaten over de ene gezondheidsindicator weer vragen over een andere gezondheidsindicator oproepen. Sterfte wordt gezien als "topje van de ijsberg", waaraan ook andere gezondheidsindicatoren vooraf kunnen gaan.
Hierbij zien de deelnemers aan de workshop een opdeling in studies naar de gevolgen van acute en chronische blootstelling als zinvol. Het draagvlak voor tijdserie-studies van ziekenhuisopnames is beperkt vanwege de kwaliteit van de ziekenhuisregistraties.

Er is een grote voorkeur om gebruik te maken van bestaande registratiesystemen om de gezondheidseffecten van chronische

blootstelling te onderzoeken. Hierbij wordt gedacht aan sterfte, geboorte-uitkomsten (zwangerschapsduur en geboortegewicht) en medicatie-verstrekking (als maat voor specifieke aandoeningen). Het onderzoeksdesign is daarmee vergelijkbaar met dat van de DUELS studie (Fischer et al., 2015). Aanhaken bij bestaande andere Europese cohorten betreft een reële mogelijkheid, waardoor ook informatie over andere grote Europese luchthavens verkregen kan worden. Externe financiering van deze onderzoeken is recent gehonoreerd door het HEI, waarbij moet worden opgemerkt dat deze financiering niet is gericht op het vaststellen van effecten van UFP van luchtvaart of van wegverkeer, maar op effecten van PM2,5, ozon, $NO_2$ en roet (HEI, 2015).

Het vervolgonderzoek moet gericht zijn op UFP van luchtvaart. Onderzoek naar mogelijke (lange termijn) effecten van UFP van andere bronnen (bijvoorbeeld wegverkeer) vergt een andere aanpak. Wel moet worden getracht zo veel mogelijk voor effecten van UFP-wegverkeer te corrigeren.

Het is opportuun in vervolgonderzoek gebruik te maken van de GGD Gezondheidsmonitor die in het najaar van 2016 wordt uitgezet. Met de monitor wordt, naast informatie over gezondheid, belangrijke aanvullende persoonsinformatie verkregen die momenteel niet in de bestaande registratiesystemen aanwezig is (bijv. rookgedrag). De financiering van de reguliere Monitor vindt plaats door de deelnemende gemeentes. Er is een mogelijkheid om specifieke, op UFP gerichte gezondheidsvragen toe te voegen. Daarnaast is het gewenst om de steekproefgrootte van de Monitor op te hogen, waardoor eventuele gezondheidseffecten met een grotere betrouwbaarheid vastgesteld kunnen worden. Een besluit over de steekproefophoging moet voor 1 mei 2016 worden genomen. Hieraan zijn kosten verbonden. Er is zodoende een hoge urgentie om op korte termijn een besluit te nemen over een mogelijke ophoging van de steekproef.

Voor de gezondheidseffecten ten gevolge van acute blootstelling worden de voorgelegde panel- en vrijwilligersstudies als reële onderzoeksoptie gezien. Ten aanzien van de toxicologische studies wordt met name het onderzoek met vrijwilligers als ondersteunend voor alle andere onderzoeken gezien.

De workshopdeelnemers geven aan geen uitspraak te kunnen doen over de relatieve toxiciteit van UFP afkomstig van luchtverkeer ten opzichte van wegverkeer. De workshop sprak uit om in de onderzoeken onder de bevolking te focussen op de relatie tussen gezondheidseffecten en luchtverkeer UFP, waarbij wel rekening wordt gehouden met de invloed van wegverkeer UFP Aanvullend toxicologisch onderzoek kan inzicht geven in de relatieve toxiciteit van UFP van luchtvaart ten opzichte van UFP van wegverkeer.

## 7.3 Samenhangend onderzoeksprogramma

### *7.3.1 Inleiding*

Het beeld over de mogelijke gezondheidseffecten van UFP van luchtvaart is door het huidige onderzoek niet veranderd, onder meer vanwege de beperkingen van het huidige kortlopende onderzoek. Wel

heeft dit onderzoek de nodige verbeteringen en randvoorwaarden voor een eventueel vervolgonderzoek in kaart gebracht. Er is voldoende reden voor een vervolgonderzoek naar de gezondheidseffecten van UFP afkomstig van de luchtvaart, dit werd onderschreven in een workshop met experts vanuit GGD-en, IRAS (UU), VU en RIVM (zie 7.2.2 en bijlage 10). In dit vervolgonderzoek moeten meerdere gezondheidseffecten worden meegenomen. Dit maakt een meer integrale en samenhangende interpretatie van de effecten mogelijk. RIVM adviseert daarom een samenhangend pakket van verschillende typen onderzoek (onderzoeksprogramma).

Met dit onderzoeksprogramma wordt beoogd het mogelijke risico op het optreden van nadelige effecten op de gezondheid door blootstelling aan UFP van luchtvaart voor diverse gezondheidseffecten samenhangend te onderzoeken en interpreteren.

Hieronder wordt het beoogde onderzoeksprogramma kort toelicht. Vervolgens wordt ingegaan op het gebruik van bestaande data- en kennisstructuur. Tenslotte wordt ingegaan op de rapportage en wordt een tijdschema voor het onderzoeksprogramma gegeven.

### 7.3.2 *Beoogd doel*

Het RIVM verwacht met dit samenhangende pakket van onderzoeksactiviteiten het kennishiaat over de mogelijke nadelige gezondheidseffecten van UFP afkomstig van de luchtvaart in een tijdsbestek van 4 tot 5 jaar substantieel te verkleinen. Er wordt inzicht in de schadelijke effecten van blootstelling van omwonenden van Schiphol aan UFP van luchtvaart verkregen. Tevens wordt informatie verkregen over de relatieve schadelijkheid van UFP van luchtvaart ten opzichte van UFP van wegverkeer. De ambitie van het programma is dat met de resultaten ervan, door beleidmakers en stakeholders, een beslissing kan worden genomen over inzet van bronbeleid. Hierbij kunnen de consequenties van de uitstoot van UFP uit (vliegtuigmotoren) bijvoorbeeld worden afgewogen tegen de consequenties van de uitstoot van andere componenten zoals $CO_2$, luchtkwaliteit (fijn stof en stikstofoxides) en geluid.

### 7.3.3 *Inhoud van het beoogde onderzoeksprogramma*

De volgende modules maken deel uit het beoogde programma:

1. *Onderzoek naar de effecten van langdurige blootstelling aan UFP van luchtvaart op (zie blz 73 en bijlage 9, blz 114-115):*
    a. Een vragenlijstonderzoek naar zelf-gerapporteerde gezondheid en leefstijlfactoren
    b. Een cohortonderzoek met sterftecijfers als verdieping van het huidige onderzoek
    c. Een cohortonderzoek met medicatie-gebruik als maat voor specifieke aandoeningen (zoals luchtwegaandoeningen, hart- en vaataandoeningen, neurologische aandoeningen)
    d. Een onderzoek naar geboortegewicht en de duur van de zwangerschap.
2. *Een onderzoek naar de lange-termijn concentraties UFP in de omgeving van Schiphol.*

3. *Onderzoek naar gezondheidseffecten van kortdurende verhogingen UFP (acute effecten)*
   a. Een onderzoek naar directe (acute) effecten van UFP in een panel van gevoelige groepen (zie blz 72 optie 2 en bijlage 9 blz 110)
   b. Een onderzoek naar de directe (acute) effecten van kortdurende verhoogde blootstelling (enkele uren) aan UFP op gezondheidsindicatoren in vrijwilligers (zie blz 72 optie 3 en bijlage 9, blz 110-111)
4. *Een module waarbinnen de activiteiten worden geïntegreerd.*

In de modules 1a t/m 1c worden de gezondheidseffecten van lange-termijn blootstelling aan UFP van de luchtvaart vastgesteld. Hiertoe worden lichamelijke gezondheidsklachten, (chronische) aandoeningen aan de hand van medicatie en sterfte onderzocht. Het risico op (vervroegde) sterfte en andere gezondheidseffecten kan daarmee wetenschappelijk worden vastgesteld. In Module 1d wordt de relatie onderzocht tussen blootstelling tijdens de zwangerschap en laag geboortegewicht en vroeggeboorte (welke samenhangen met gezondheidseffecten op latere leeftijd).

Ten behoeve van deze onderzoeken wordt met metingen en modellering deze lange-termijn blootstelling in beeld gebracht (module 2). Informatie over leefstijlfactoren (onder andere rookgewoonten) wordt met vragenlijstonderzoek (nr. 1a) in het onderzoeksgebied verzameld. De laatste twee activiteiten komen tegemoet aan de eerder gesignaleerde tekortkomingen van de huidige studie met betrekking tot informatie over de blootstelling op persoonsniveau en leefstijlfactoren.

De modules 3a en 3b gaan in op de directe (acute) effecten van kortdurende verhogingen van UFP. Hierbij worden de gezondheidseffecten van UFP van luchtvaart en die van andere bronnen onderscheiden, omdat de gezondheidsindicatoren en de concentraties tegelijkertijd worden gemeten (in tegenstelling tot modules 1a t/m 1d, waarvoor de blootstelling gemodelleerd moet worden). Deze modules onderbouwen het mechanisme en de plausibiliteit van de lange-termijn risico's die uit de epidemiologische studies naar voren kunnen komen. Tevens wordt hiermee beoogd de mogelijke verschillen in risico van UFP van verschillende bronnen vast te stellen. Omdat in dit type onderzoek het UFP gemeten wordt kan tegen relatief geringe inspanning simultaan met verzameld UFP ondersteunend experimenteel toxicologisch onderzoek uitgevoerd worden (blz 73 optie 4 en bijlage 9, blz 112 optie 4.1 en 4.2).

Bovengenoemde modules zijn in meer detail in bijlage 9 beschreven; de modules zijn een selectie uit de verschillende onderzoeksopties die op de workshop zijn besproken en becommentarieerd (zie bijlage 10). Van deze opties zijn met name de tijdserie-studies (blz 72 optie 1, bijlage 9 blz 109) en de verschillende studies met proefdieren (bijlage 9: blz 113 en blz 116) niet opgenomen in het programma.
Naast de onderzoeksmodules maakte een integratieve module deel uit van het onderzoeksprogramma. De activiteiten binnen deze module zijn gericht op het signaleren en interpreteren van de ontwikkelingen in blootstellingsmodellering en gezondheidseffecten van UFP. Hiertoe wordt

onder meer literatuuronderzoek uitgevoerd en wordt ook gekeken naar additionele informatie die uit lopende (inter)nationale studies wordt verkregen. Hierover wordt periodiek (minimaal 1x per jaar) gerapporteerd. Daarnaast wordt (internationale) collegiale toetsing (peer-review) van de resultaten van de onderzoeken georganiseerd. Tenslotte wordt er geborgd dat de resultaten uit de verschillende studies tot een Nederlandstalige rapportage leiden waarin aan de verschillende uiteenlopende gezondheidseffecten een samenhangende conclusie wordt verbonden.

#### *7.3.4 Ander gerelateerd gezondheidsonderzoek*

De blootstelling van UFP van luchtvaart beperkt zich tot enkele kilometers afstand van regionale luchthavens en tot 10-20 kilometer afstand van (grote) internationale luchthavens. Vanwege de uniformiteit in vliegtuigmotoren en verkeersmanagement is UFP van luchtvaart bij uitstek een onderwerp dat zich leent voor internationale samenwerking. Het IRAS bereidt momenteel een Europees onderzoek voor naar effecten van algemene luchtverontreiniging waarin een aantal nationale registratiecohorten deelnemen (HEI, 2015). Het RIVM heeft contacten met onderzoeksgroepen die onderzoek doen op en rond vliegvelden van o.a. London, Paris, Marseille, Kopenhagen en Frankfurt. Deze contacten maken multi-centre onderzoek mogelijk, waarbij gebruik kan worden gemaakt van de al aanwezige gegevens. Met gebundelde studies kunnen met meer zekerheid uitspraken over mogelijke risico's van UFP van luchtvaart worden gedaan dan op basis van individuele studies mogelijk is. De totstandkoming van een multi-centre onderzoek vereist in eerste instantie inspanning van het ministerie van Infrastructuur en Milieu en van de Nederlandse luchtvaartsector om internationaal draagvlak voor een dergelijke aanpak te creëren. De mogelijke bijdrage aan een dergelijk onderzoek is daarom nu nog geen onderdeel van het beoogde onderzoeksprogramma.

#### *7.3.5 Gebruik bestaande infrastructuur*

De verschillende modules zijn grotendeels gebaseerd op al aanwezige kennis en ervaringen en maken optimaal gebruik van eerdere investeringen in data- en kennisinfrastructuur. Enkele voorbeelden zijn de infrastructuur van GGD'en, CBS en RIVM voor het ontwerp en uitvoering van de gezondheidsmonitor, de investeringen van het IRAS en RIVM in onderzoek naar acute effecten, de infrastructuur van het CBS inzake gezondheidsregistratie waarvoor bij IRAS en RIVM kennis over statistische analyses is opgebouwd en het landelijk meetnet luchtkwaliteit, een samenwerking tussen RIVM, DCMR en GGD Amsterdam. Verder zijn er internationale netwerken opgebouwd bijvoorbeeld in het kader van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol op het gebied van gezondheidsonderzoek rond luchthavens (RIVM) en op het gebied van deeltjesvormige luchtverontreiniging van het IRAS (AIRNET, ESCAPE, ULTRA). Indien tijdens de looptijd van het programma andere mogelijkheden voor synergie gesignaleerd worden, zullen deze worden benut.

#### *7.3.6 Tijdschema en rapportage*

Het beoogde programma kent een looptijd van 4-5 jaar.
Er zijn twee 'natuurlijke' rapportage momenten:

- Na 24-30 maanden kunnen de studies naar acute gezondheidseffecten door kortdurende verhogingen van UFP en naar de toxiciteit van UFP zijn afgerond.
- Na 4-5 jaar zijn ook de studies naar de lange termijn effecten afgerond en kan de integratieve eindrapportage worden opgeleverd.

Voor de langere termijn studies is een betrouwbare karakterisering van de UFP concentraties afkomstig van luchtvaart in het gehele onderzoekgebied essentieel. De metingen ter validatie en verbeteringen van de modelresultaten vergen een doorlooptijd van 2-3 jaar. Ook wordt voorzien dat gegevens over belangrijke leefstijlfactoren pas na 2017 beschikbaar kunnen komen. Het ondervangen van de eerder gesignaleerde beperkingen leidt ertoe dat de studies naar lange termijn effecten pas kunnen worden afgerond, nadat de benodigde informatie is verzameld.

Belangrijke ontwikkelingen of zwaarwegende onderzoeksresultaten zullen tussentijds worden gerapporteerd. Indien gewenst, kan periodiek worden gerapporteerd, ook over lopende onderzoeken en bevindingen in de literatuur.

Kennisverspreiding vindt daarnaast via peer-reviewed Engelstalige publicaties en presentaties plaats. De ervaring is dat alleen dit type publicaties een rol spelen bij de beoordeling van de gezondheidseffecten van UFP van luchtvaart in internationale gremia (ICAO, WHO).

# 8 Conclusies en aanbevelingen

De conclusies zijn hieronder als antwoord op de vier gestelde onderzoeksvragen verwoord. Bij de vierde onderzoeksvraag worden aanbevelingen gegeven voor vervolgonderzoek.

*Wat zijn de sterftecijfers in de periode 2004-2011 in de postcodegebieden rondom Schiphol waar de concentratie ultrafijnstof verhoogd is door de luchtvaart?*

In de rapportage zijn de sterfterisico's in 4-cijferige postcodegebieden voor verschillende doodsoorzaken in de vorm van kaartjes weergegeven. Er worden zowel enkele verhogingen als verlagingen gevonden van het risico op sterfte in bepaalde postcodebieden in het onderzoeksgebied. Deze afwijkingen van het gemiddelde lijken min of meer willekeurig over het onderzoeksgebied verdeeld. Een samenhang van het risico op sterfte met de nabijheid tot de luchthaven is dus op het eerste oog niet zichtbaar

*Hoe verhouden deze cijfers zich tot de sterftecijfers in qua samenstelling sociaaleconomisch vergelijkbare postcodegebieden zonder luchthaven in de nabije omgeving waar het ultrafijnstof niveau door vliegtuigemissies lager is?*

Er zijn geen duidelijke aanwijzingen dat de sterfterisico's voor verschillende doodsoorzaken in positieve of negatieve zin afwijken van wat op basis van de sterfterisico's in nabijgelegen COROP gebieden of gemiddeld in Nederland kan worden verwacht. De sterfterisico's in de omgeving van de luchthaven vallen binnen de variatie die in de regio of in Nederland gebruikelijk is.

*Hoe kunnen eventuele verschillen tussen postcodegebieden binnen het gebied rond Schiphol en/of tussen het gebied rond Schiphol en de sterftecijfers elders in het land worden geduid?*

De bevindingen passen bij eerdere resultaten met ziekenhuisopnamen voor hart- en vaatziekten en ziekten van de ademhalingswegen uit de periode 1991-2004, waaruit ook geen ruimtelijk patroon te detecteren viel rondom de luchthaven.

Vanwege de korte doorlooptijd is het onderzoek beperkt van aard en geeft het slechts een eerste beeld van de mogelijke risico's. In het tijdbestek kon de relatie met blootstelling aan UFP op het woonadres niet worden onderzocht en kon de blootstelling aan luchtverontreiniging van andere bronnen niet worden meegenomen.

Dat er geen consistent patroon in de sterfterisico's is aangetroffen of dat de sterfterisico's niet in belangrijke mate afwijken van wat kan worden verwacht, sluit niet uit dat de UFP belasting van de luchtvaart kan leiden tot een verhoging van het sterfterisico.

*Wat betekenen de resultaten voor de opzet en haalbaarheid van een eventueel vervolgonderzoek? Wat zijn bijvoorbeeld de benodigde randvoorwaarden en de beperkingen van dit mogelijke vervolgonderzoek?*

Het beeld over de mogelijke gezondheidseffecten van UFP van luchtvaart is door het huidige onderzoek niet veranderd ten opzichte van het beeld in september 2015. De mogelijk risico's door langdurige blootstelling aan UFP zijn niet bekend.

Gezien de onbekendheid van de risico's van UFP, de onzekerheden in de bijdrage van luchtvaart aan de concentraties UFP in de omgeving van de luchthaven en de verwachte trend in de emissies van de luchtvaart wordt vervolgonderzoek aanbevolen

De uitvoering van een cohortonderzoek naar de relatie tussen de UFP blootstelling op het woonadres en het risico op vroegtijdige sterfte is haalbaar. Randvoorwaarden hierbij zijn dat de blootstelling aan UFP in het volledige onderzoeksgebied wordt gemodelleerd en dat het model wordt gevalideerd aan de hand van (lange-termijn) metingen in de omgeving van Schiphol. Daarnaast is het gewenst dat informatie over leefstijlfactoren verzameld door GGD'en in dit onderzoek worden betrokken

Naast vroegtijdige sterfte is het gewenst dat een vervolgonderzoek ook meerdere andere gezondheidseffecten omvat. Geadviseerd wordt om de voorgestelde onderzoeken onder te brengen in een goed overwogen onderzoeksprogramma. Dit garandeert een optimaal gebruik van de verzamelde gegevens en een samenhangende interpretatie van de resultaten.

# 9 Referenties

Andrews C, S Buist, BG Ferris, et al. (1985). Guidelines as to what constitutes an adverse respiratory health effect, with special reference to epidemiologic studies of air pollution. American Review of respiratory disease 131(4), pp. 666-668.

Aylin P, MaheswaranR, Wakefield J, et al. A national facility for small area disease mapping and rapid initial assessment of apparent disease clusters around a point source: The UK Small Area Health Statistics Unit (1999) Journal of Public Health Medicine, 21 (3), pp. 289-298.

Bezemer A, Wesseling J, Cassee F, et al. Nader verkennend onderzoek ultrafijnstof rond Schiphol. RIVM Rapport 2015-0110. RIVM, Bilthoven, 2015

Boshuizen HC, WN Nusselder, F Peters, A Verweij. Index SES-verschillen in (gezonde) levensverwachting. RIVM briefrapport 2014-0034.

Brink C van den. Lokale en Nationale Monitor Gezondheid. Op weg naar één bron voor lokale, regionale en landelijke cijfers. TSG 2011: 83-84

Bruggen M van, Wijnen JH van. De kankersterfte in de gemeente Haarlemmermeer (1981-1986), een orienterend descriptief onderzoek. Bureau Medische Milieukunde regio Amsterdam, Amstelland en de Meerlanden, de Zaanstreek en Waterland, Gooi- en Vechtstreek. Amsterdam, 1989.

EEA et al. European Environmental Agency, Eureopean Aviation Safety Agency, Eurocontrol. European Aviation Environmental Report 2016.

ESC. Modelberekeningen aan ultra fine particles rond Schiphol. Op basis van de analyse van metingen. Rapport 2015R001. Erbrink Stacks Consult., Oosterbeek, 2015

ESC. UFP concentraties Eindhoven. Brief aan Mininsterie van Infrastructuur en Milieu. 17 februari 2016. Erbrink Stacks Consult., Oosterbeek, 2016a

ESC. UFP concentraties RTHA. Brief aan Mininsterie van Infrastructuur en Milieu. 17 februari 2016. Erbrink Stacks Consult., Oosterbeek, 2016b

Fischer PH, Marra M, Ameling CB, et al. Air pollution and mortality in seven million adults: The dutch environmental longitudinal study (DUELS) (2015) Environmental Health Perspectives, 123 (7), pp. 697-704.

HEI Review Panel on Ultrafine Particles. 2013. Understanding the Health Effects of Ambient Ultrafine Particles. HEI Perspectives 3. Health Effects Institute, Boston, MA.

HEI. Health Effects Institute. New HEI studies to examine potential health effects at low-level pollution. HEI update. Najaar 2015.

Hoek G, Boogaard H, Knol A, et al. Concentration response functions for ultrafine particles and all-cause mortality and hospital admissions: Results of a European expert panel elicitation (2010) Environmental Science and Technology, 44 (1), pp. 476-482.

Hooijdonk van C, M Droomers, IM Deerenberg, JP Mackenbach, AE Kunst. Higher mortality in urban neighbourhoods in The Netherlands: who is at risk?. J Epdemiology Community Health 2008: 62; 499-405

Houthuijs DJM, Wiechen CMAG van. Monitoring van gezondheid en beleving rondom de luchthaven Schiphol. Bilthoven: RIVM. 2006. Rapport 630100003.

Hsieh FY, and PW Lavori. 2000. Sample-size calculations for the Cox proportional hazards regression model with nonbinary covariates. Controlled Clinical Trials 21: 552–560.

IenM. Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Kamerbrief over onderzoek naar ultrafijnstof concentraties rondom Schiphol. 23 september 2015. Tweede Kamer, vergaderjaar 2015-2016, 30 175 nr. 221.

Janssen NAH, Hoek G, Simic-Lawson M, et al. Black carbon as an additional indicator of the adverse health effects of airborne particles compared with pm 10 and pm 2.5 (2011) Environmental Health Perspectives, 119 (12), pp. 1691-1699.

Keuken MP, Moerman M, Zandveld P, Henzing JS, Hoek G. Total and size-resolved particle number and black carbon concentrations in urban areas near Schiphol airport (the Netherlands) (2015) Atmospheric Environment, 104, pp. 132-142.

Knol FA. Van Hoog Naar Laag, Van Laag Naar Hoog: De Sociaalruimtelijke Ontwikkeling Van Wijken. Rijswijk, Sociaal en Cultureel Planbureau, 1998.

Knol A, Velze K van, Fischer P, Kunseler E, Bree L van. Interpretatie van vroegtijdige sterfte door luchtverontreiniging. Milieu Dossier 2009; 15(1):20-2

Kumar P, Morawska L, Birmili W, et al. Ultrafine particles in cities (2014) Environment International, 66, pp. 1-10.

Kunst AE, Looman CW, Mackenbach JP, Determinants of regional differences in lung cancer mortality in The Netherlands. Soc Sci Med 1993;37 (5):623-631

Montagne DR, Hoek G, Klompmaker JO, Wang M, Meliefste K, Brunekreef B. Land Use Regression Models for Ultrafine Particles and Black Carbon Based on Short-Term Monitoring Predict Past Spatial Variation (2015) Environmental Science and Technology, 49 (14), pp. 8712-8720.

Staatsen BAM, Franssen EAM, Doornbos G, et al. Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol. Bilthoven: RIVM. 1993. Rapport 441520001.

Staatsen BAM, Doornbos G, Franssen EAM, Heisterkamp SH, Ameling CB, Lebret E. Gebruik van ziekenhuisgegevens voor het beschrijven van ruimtelijke patronen in ziekte rondom Schiphol. Bilthoven: RIVM. 1998. Rapport 441520009.

Visser O, Van Wijnen JH, Benraadt J, Van Leeuwen FE Incidentie van kanker in de omgeving van Schiphol in 1988-1993. (1997) Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde, 141 (10), pp. 468-473.

Visser O, Van Wijnen JH, Van Leeuwen FE. Incidence of cancer in the area around Amsterdam Airport Schiphol in 1988-2003: A population-based ecological study (2005) BMC Public Health, 5, art. no. 127

WHO en WHO-FIC. ICD-10. Internationale statistische classificatie van ziekten en met gezondheid verband houdende problemen. Tiende revisie. Deel1. Systematische lijst versie 2014. ISBN 9789036810081. Bohn Stafleu van Loghum, 2015

# Bijlage 1: Beschrijving opdracht

*Doelstelling*
Uitvoering geven aan de toezegging van de staatssecretaris aan de Tweede Kamer om via nader verkennend onderzoek meer helderheid te verkrijgen of ultrafijnstof mogelijk een risico vormt voor de gezondheid voor omwonenden van Schiphol.

*Opdrachtomschrijving*
Met het oog op een rapportage in de vorm van een briefrapport eind maart 2016 wordt het RIVM uiterlijk in *januari 2016* gevraagd de volgende vragen te beantwoorden:

I. Wat zijn de sterftecijfers in de periode 2004-2010 (of recenter, indien haalbaar) in de postcodegebieden rondom Schiphol die te maken hebben met verhoogde ultrafijnstof concentraties als gevolg van de bijdrage van de luchtvaart?
II. Hoe verhouden deze cijfers zich tot de sterftecijfers in qua samenstelling sociaal-economisch vergelijkbare postcodegebieden zonder luchthaven in de nabije omgeving waar het ultrafijnstof niveau door vliegtuigemissies lager is?
III. Hoe kunnen eventuele verschillen tussen postcodegebieden binnen het gebied rond Schiphol en/of tussen het gebied rond Schiphol en de sterftecijfers elders in het land worden geduid?
IV. Wat betekenen de resultaten voor de opzet en haalbaarheid van een eventueel vervolgonderzoek? Wat zijn bijvoorbeeld de benodigde randvoorwaarden en de beperkingen van dit mogelijke vervolgonderzoek?

Mede afhankelijk van de uitkomst van eerdere aanbevelingen en bovenstaand onderzoek beslist de staatssecretaris of en zo ja, wat voor type vervolgonderzoek met bestaande gegevens (zoals sterftecijfers en/of medicatiegebruik) in relatie tot lange termijn blootstelling gewenst is. Ook wordt op dat moment beslist of aanvullende berekeningen wenselijk zijn om de schattingen van de concentraties ultrafijnstof rondom Schiphol te verbeteren.

*Beoogde resultaten in 2016*

- Uiterlijk in maart 2016 een rapportage, waarbij geldt dat IenM de voorkeur geeft aan zo snel mogelijke oplevering.
- Een advies over zin en haalbaarheid van vervolgonderzoek naar de gezondheidsrisico's voor omwonenden van Schiphol.

# Bijlage 2: Plan van aanpak

**Inleiding**
Het RIVM heeft in september 2015 een onderzoek naar ultrafijnstofconcentraties rondom de luchthaven Schiphol afgerond. De belangrijkste bevinding is dat de bijdrage van het vliegverkeer aan de ultrafijnstofconcentraties op de woonlocaties die het dichtst bij Schiphol liggen grofweg vergelijkbaar is met de bijdrage van wegverkeer in een binnenstad. Niet duidelijk is wat deze concentraties betekenen voor de gezondheid van omwonenden. In de vakliteratuur is weinig bekend over de nadelige gezondheidseffecten van ultrafijnstof en in het bijzonder van die van vliegtuigemissies. Daarom acht het ministerie het van belang vervolgonderzoek te laten verrichten om meer informatie te krijgen over mogelijke nadelige gezondheidseffecten op omwonenden. Dit is ook zo door de staatssecretaris aan de Tweede Kamer gemeld in een brief op 23 september en in het AO Luchtvaart op 30 september. Het RIVM is door het ministerie gevraagd hier een voorstel voor te doen binnen het kader zoals door de staatssecretaris in haar brief aan de Tweede Kamer is opgenomen. Het RIVM heeft daartoe 19 oktober een aantal opties voor vervolgonderzoek geschetst.

*Kaders huidige opdracht*
De staatssecretaris heeft in haar brief aan de Tweede Kamer aangegeven in het begin van 2016 de Tweede Kamer te informeren over het vervolgonderzoek. Daarom is het RIVM door het ministerie gevraagd om met het oog op het tijdig informeren van de Tweede Kamer het onderzoek naar mogelijke gezondheidseffecten te verrichten op basis van de bestaande gegevens.
Het ministerie beseft dat er onzekerheden zitten in de schattingen van de blootstelling aan ultrafijnstofconcentraties op basis van thans beschikbare meet- en berekeningsgegevens en dat deze onzekerheden doorwerken in de schattingen van mogelijke gezondheidsschade en levensverwachting. Het is het nadrukkelijke verzoek van het ministerie om snel een eerste beeld te krijgen van de mogelijke nadelige gezondheidsrisico's voor bewoners rondom Schiphol. Daarom wordt nu eerst gevraagd om inzicht te verkrijgen in de verdere haalbaarheid, de benodigde randvoorwaarden en de beperkingen van onderzoek met bestaande gegevens met het oog op een eventueel nader vervolg.
Uit overleg met het RIVM is gebleken dat met bestaande gegevens op korte termijn alleen in beschrijvende zin gerapporteerd kan worden over sterftecijfers in de regio Schiphol. Zodoende focust de vraagstelling van het ministerie zich in eerste instantie op een mogelijk verhoogd sterfterisico. Er wordt hierbij geen directe relatie gelegd met blootstelling aan ultrafijnstof.

Het ministerie heeft op 17 december 2015 het RIVM opdracht gegeven om de volgende vragen te beantwoorden:

I. Wat zijn de sterftecijfers in de periode 2004-2010 (of recenter, indien haalbaar) in de postcodegebieden rondom Schiphol die te maken hebben met verhoogde ultrafijnstof concentraties als gevolg van de bijdrage van de luchtvaart?
II. Hoe verhouden deze cijfers zich tot de sterftecijfers in qua samenstelling sociaal-economisch vergelijkbare postcodegebieden zonder luchthaven in de nabije omgeving waar het ultrafijnstof niveau door vliegtuigemissies lager is?
III. Hoe kunnen eventuele verschillen tussen postcodegebieden binnen het gebied rond Schiphol en/of tussen het gebied rond Schiphol en de sterftecijfers elders in het land worden geduid?
IV. Wat betekenen de resultaten voor nut, noodzaak, opzet en haalbaarheid van een eventueel vervolgonderzoek? Wat zijn bijvoorbeeld de benodigde randvoorwaarden en de beperkingen van dit mogelijke vervolgonderzoek?

**Plan van aanpak**

**Vraagstelling I en II: In kaart brengen sterftecijfers rondom Schiphol**
Het RIVM zal gebruik maken van een voor het RIVM beschikbaar bestand waarin CBS gegevens over sterfte op individueel niveau gekoppeld zijn met gegevens over o.a. leeftijd, geslacht, herkomst, burgerlijke staat, fiscaal inkomen en (versleuteld) woonadres). Het bestand bevat op dit moment gegevens van 7 miljoen volwassenen (>30 jaar), die bij de aanvang van de onderzoeksperiode (1 januari 2004) vijf jaar of langer op het toenmalige adres woonden. Van deze personen is bekend of en wanneer sterfte is opgetreden in de periode 2004 tot 2011. Voor het onderzoek zal een selectie gemaakt worden van 4-positie postcodegebieden in de omgeving van Schiphol. Vervolgens zal de verdeling van totale en oorzaak-specifieke sterfte per 4-positie postcodegebied in kaart gebracht worden. De data worden genormaliseerd naar het gemiddelde sterftecijfer voor het afgebakende gebied rondom Schiphol. Ook zal een vergelijking gemaakt worden met de sterftecijfers elders in Nederland.

In het onderzoek kan rekening gehouden worden met de invloed van demografische en sociaaleconomische factoren die van invloed zijn op de sterfte, voor zover deze bij het CBS beschikbaar zijn (zie vorige alinea). Er kan geen rekening worden gehouden met individuele leefstijlfactoren, zoals roken, overgewicht en alcoholgebruik, omdat deze gegevens niet beschikbaar zijn.

Naast sterfte zal ook de verdeling van de ultrafijnstof concentraties van vliegverkeer in het geselecteerde gebied beschreven worden. Hiervoor zal gebruik gemaakt worden van de berekeningen die ten behoeve van het eerdere verkennende onderzoek zijn uitgevoerd. De berekende ultrafijnstof concentraties zullen gekoppeld worden aan gegevens over aantallen inwoners, zodat inzicht gekregen wordt in de verdeling van de blootstelling van de inwoners in het gebied.

**Vraagstelling III: Duiding**
Op basis van de onder I en II verkregen informatie wordt een beschrijvend beeld opgesteld van de sterftecijfers in het gebied rondom Schiphol. Er kan geen directe relatie worden onderzocht tussen deze sterftecijfers enerzijds en blootstelling aan ultrafijnstof anderzijds. De belangrijkste reden hiervoor is dat de beschikbare blootstellingsgegevens over ultrafijnstof-concentraties van vliegverkeer uitsluitend indicatief van aard zijn omdat zij op een beperkte meetperiode in 2015 en een beperkt aantal meetlocaties zijn gebaseerd. Ook is niet goed bekend wat de representativiteit van de verkregen concentraties uit 2015 is voor de blootstelling in het verleden. Deze historische blootstelling is van belang met het oog op het in beeld gebrachte sterfterisico in de periode 2004-2011. Verder kunnen eventuele verschillen tussen postcodegebieden binnen het gebied rond Schiphol en/of tussen het gebied rond Schiphol en de rest van Nederland (zowel in positieve als in negatieve zin) niet alleen toegeschreven worden aan ultrafijnstof. In de rapportage zal daarom een zorgvuldige duiding van de resultaten worden gegeven.

**Vraagstelling IV: Consequenties, beperkingen en randvoorwaarden voor een eventueel vervolgonderzoek**
De resultaten van vraagstelling I t/m III zullen worden beschouwd in het licht van een eventueel vervolgonderzoek en de eerdere aanbevelingen uit de RIVM rapport van september 2015. Hierbij zullen de volgende elementen aan bod komen:

- Haalbaarheid, randvoorwoorden en beperkingen van nadere analyses van sterftecijfers (o.a. statistische power)
- Haalbaarheid, randvoorwoorden en beperkingen van analyses met andere bestaande gegevens (zoals medicatiegebruik)
- Verdere consequenties voor de eerdere aanbevelingen over nader vervolgonderzoek
- Wenselijkheid van nader blootstellingsonderzoek als ondersteuning voor het gezondheidsonderzoek.

**Vervolgonderzoek**
Na afloop van deze verkenning zal, mede afhankelijk van de uitkomst van eerdere aanbevelingen en de nieuw verkregen resultaten besloten worden of en zo ja, wat voor type vervolgonderzoek als volgende stap mogelijk is.

**Afstemming en communicatie**
Gezien de mogelijke gevoeligheid van de problematiek en het detailniveau waarop wordt gerapporteerd is afstemming over de onderzoeksopzet en communicatie met belanghebbenden in de directe omgeving van Schiphol over de resultaten ervan noodzakelijk. Hiertoe zullen zowel de opzet van het voorliggende onderzoek als de resultaten ervan bij de Omgevingsraad Schiphol (ORS) gepresenteerd worden. Daarnaast zal door het RIVM een inhoudelijke adviescommissie ingesteld worden, waarvoor o.a. vertegenwoordigers van de betrokken GGD-en zullen worden uitgenodigd.

# Bijlage 3: Beschrijving kenmerken UFS cohort

Het onderzoeksgebied telde op 1 januari 2004 1.216.510 inwoners van 30 jaar of ouder. Hiervan woonden 708.818 personen (58,3%) tenminste vijf jaar op hetzelfde adres. Deze inwoners vormden het onderzoekscohort. In Tabel 3A zijn de demografische kenmerken van dit zogeheten Ultra Fijnstof Schiphol (UFS) cohort beschreven. Ter vergelijking zijn ook de kenmerken in het volledige DUELS cohort (afkomstig uit heel Nederland) opgenomen.

*Tabel 3A: Demografische kenmerken van de UFS en DUELS cohorten op 1 januari 2004*

| | UFS cohort (n=708.818) | | | DUELS cohort (n=7.218.360) | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Kenmerk** | Aantal | % | | Aantal | % |
| Geslacht: | | | | | |
| vrouw | 375.397 | 53,0 | | 3.774.197 | 52,3 |
| | 333.321 | 47,0 | | 3.444.164 | 47,8 |
| Leeftijd (jaar): | | | | | |
| 30-39 | 110.683 | 15,6 | | 1.053.506 | 14,6 |
| 40-49 | 177.498 | 25,0 | | 1.765.274 | 24,5 |
| 50-59 | 171.331 | 24,2 | | 1.804.214 | 25,0 |
| 60-69 | 115.677 | 16,3 | | 1.256.075 | 17,4 |
| 70-79 | 83.376 | 11,8 | | 877.444 | 12,2 |
| 80+ | 50.253 | 7,1 | | 461.850 | 6,4 |
| Burgerlijke status: | | | | | |
| Getrouwd/partner | 405.057 | 57,1 | | 4.992.253 | 69.2 |
| Alleenstaand | 143.202 | 20,2 | | 924.165 | 12.8 |
| Verweduwd | 84.312 | 11,9 | | 773.190 | 10.7 |
| Gescheiden | 76.247 | 10.8 | | 528.752 | 7.3 |
| Land van Herkomst: | | | | | |
| Nederland | 543.164 | 76,6 | | 6.216.916 | 86.1 |
| Westers land | 79.209 | 11,2 | | 638.103 | 8,8 |
| Suriname/Ned. Antillen | 27.177 | 3,8 | | 91.587 | 1,3 |
| Turkije | 15.474 | 2,2 | | 84.773 | 1,2 |
| Marokko | 17.364 | 2,4 | | 67.443 | 0,9 |
| Ander niet-westers land | 26.430 | 3,7 | | 119.538 | 1,7 |

De cohorten komen in grote lijnen overeen. Wel zijn er verschillen in de burgerlijke status. Het aandeel alleenstaanden is in UFS cohort ca. 60 procent hoger dan in het DUELS cohort. Ook het aandeel gescheiden deelnemers is ca. 50% hoger.

Verder is in het UFS cohort het percentage van Nederlandse herkomst lager dan dat in het DUELS cohort. De belangrijkste reden hiervoor is het groter aandeel deelnemers met een herkomst uit Suriname of de Nederlandse Antillen en het aandeel allochtonen uit een Westers land.

In Tabel 3B zijn de sociaaleconomische kenmerken van beide cohorten beschreven. Het gestandaardiseerde huishoudinkomen van 2003 is in

tien categorieën (van percentielen) onderverdeeld op basis van de verdeling in de gehele Nederlandse bevolking. De sociale status van alle Nederlandse postcodegebieden is in quintielen (vijf klassen van ca. 20%) verdeeld.

*Tabel 3B: Sociaaleconomische kenmerken UFS en DUELS cohorten op 1 januari 2004*

| | UFS cohort | | | DUELS cohort | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Kenmerk** | Aantal | % | | Aantal | % |
| Gestandaardiseerd huishoudinkomen | | | | | |
| <1e percentiel | 12.163 | 1,7 | | 73.403 | 1,0 |
| 1-5 percentiel | 50.739 | 7,2 | | 340.960 | 4,7 |
| 5-10 percentiel | 51.665 | 7,3 | | 455.170 | 6,3 |
| 10-25 percentiel | 128.543 | 18,1 | | 1.249.940 | 17,3 |
| 25-50 percentiel | 163.562 | 23,1 | | 1.847.427 | 25,6 |
| 50-75 percentiel | 145.838 | 20,6 | | 1.679.571 | 23,3 |
| 75-90 percentiel | 89.427 | 12,6 | | 951.580 | 13,2 |
| 90-95 percentiel | 31.794 | 4,5 | | 308.674 | 4,3 |
| 95-99 percentiel | 27.617 | 3,9 | | 246.900 | 3,4 |
| >99e percentiel | 7.470 | 1,1 | | 64.735 | 0,9 |
| Sociale status per 4-cijferige postcode: | | | | | |
| 1ste quintiel (laagste) | 236.156 | 33,3 | | 1.533.284 | 21,2 |
| 2de quintiel | 77.887 | 11,0 | | 1.621.484 | 22,5 |
| 3de quintiel | 104.423 | 14,7 | | 1.492.357 | 20,7 |
| 4de quintiel | 122.363 | 17,3 | | 1.342.846 | 18,6 |
| 5de quintiel (hoogste) | 167.810 | 23,7 | | 1.225.401 | 17,0 |
| Geen gegevens | 179 | 0,03 | | 2.988 | 0,04 |

Uit Tabel 3B blijkt dat de inkomensverdeling in het UFS cohort iets verder uiteenloopt dan in het DUELS cohort. Het UFS cohort heeft een groter aandeel deelnemers dat een gestandaardiseerd inkomen heeft dat tot het onderste 10 percentiel behoort (16,2 versus 12,0%). Ook het percentage dat tot het top 10 percentiel behoort is groter: 9,5 versus 8,6%.
In het UFS-cohort zijn de uitersten van de sociale status op basis van SCP-gegevens naar 4-cijferig postcodegebied meer vertegenwoordigd dan in het DUELS-cohort.

# Bijlage 4: Samenvoeging postcodes

In de onderstaande tabel is opgenomen welke postcodegebieden zijn samengevoegd. Hierbij is onderscheid gemaakt naar sterfte-uitkomst.

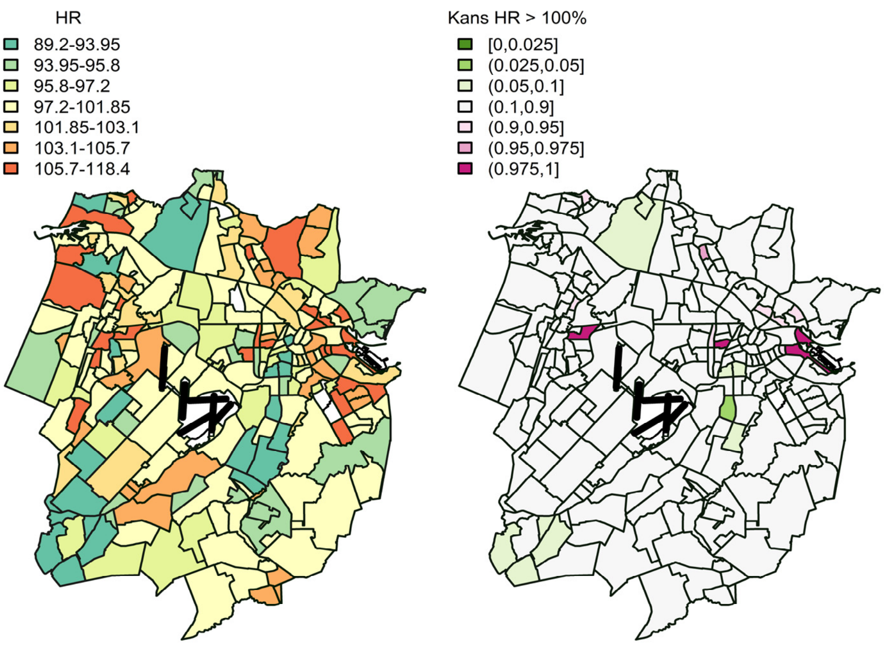
*Tabel: Samenvoeging van postcodes per doodsoorzaak in verband met mogelijke herleidbaarheid van resultaten.*

| Post-code | Natuur-lijke sterfte | Hart- en vaat | Adem-halings-wegen | Long-kanker | | Post-code | Natuur-lijke sterfte | Hart- en vaat | Adem-halings-wegen | Long-kanker | Post-code |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1014 | 1055 | 1055 | 1055 | 1055 | | 1976 | | 1975 | 1975 | 1975 | 1976 |
| 1019 | | | 1018 | 1018 | | 1981 | | | | 1985 | 1981 |
| 1022 | | 1032 | 1032 | 1032 | | 2019 | 2011 | 2011 | 2011 | 2011 | 2019 |
| 1026 | | 1028 | 1024 | 1024 | | 2031 | | 2032 | 2032 | 2032 | 2031 |
| 1027 | | 1028 | 1024 | 1024 | | 2051 | | | | 2015 | 2051 |
| 1028 | | | 1024 | 1024 | | 2063 | | | 2032 | 2032 | 2063 |
| 1037 | 1504 | 1504 | 1504 | 1504 | | 2064 | | | | 2026 | 2064 |
| 1041 | 1063 | 1063 | 1063 | 1063 | | 2065 | | 2032 | 2032 | 2032 | 2065 |
| 1042 | 1063 | 1063 | 1063 | 1063 | | 2106 | | | | 2111 | 2106 |
| 1043 | 1063 | 1063 | 1063 | 1063 | | 2116 | | | | 2111 | 2116 |
| 1045 | 1063 | 1063 | 1063 | 1063 | | 2136 | | | 2134 | 2134 | 2136 |
| 1046 | 1165 | 1165 | 1165 | 1161 | | 2141 | | | 2037 | 2037 | 2141 |
| 1047 | 1165 | 1165 | 1165 | 1161 | | 2142 | | | | 2104 | 2142 |
| 1060 | | | 1069 | 1069 | | 2143 | 1175 | 1175 | 1171 | 1171 | 2143 |
| 1096 | | 1097 | 1097 | 1097 | | 2144 | | | 2181 | 2181 | 2144 |
| 1099 | 1115 | 1115 | 1115 | 1115 | | 2154 | | 2451 | 2451 | 2451 | 2154 |
| 1105 | 1102 | 1102 | 1102 | 1102 | | 2155 | 2154 | 2451 | 2451 | 2451 | 2155 |
| 1109 | | | 1108 | 1108 | | 2156 | | 2377 | 2377 | 2371 | 2156 |
| 1113 | | | 1111 | 1111 | | 2157 | | 2159 | 2165 | 2165 | 2157 |
| 1127 | | | 1121 | 1121 | | 2158 | | 2159 | 2165 | 2165 | 2158 |
| 1165 | | | | 1161 | | 2159 | | | 2165 | 2165 | 2159 |
| 1175 | | | 1171 | 1171 | | 2355 | | 2374 | 2374 | 2371 | 2355 |
| 1184 | | | 1183 | 1183 | | 2374 | | | | 2371 | 2374 |
| 1189 | | 1186 | 1186 | 1186 | | 2375 | | | 2371 | 2371 | 2375 |
| 1396 | | | 1391 | 1391 | | 2376 | | 2371 | 2371 | 2371 | 2376 |
| 1423 | | | 1421 | 1421 | | 2377 | | | | 2371 | 2377 |
| 1426 | | | 3641 | 3641 | | 2431 | | | 3652 | 3652 | 2431 |
| 1427 | | | 1421 | 1421 | | 2432 | 2431 | 2431 | 3652 | 3652 | 2432 |
| 1428 | 1424 | 1424 | 1424 | 1424 | | 2435 | | | 3652 | 3652 | 2435 |
| 1433 | | | 1424 | 1424 | | 2441 | | | | 2421 | 2441 |
| 1436 | | 1438 | 1432 | 1432 | | 2465 | | | 3652 | 3652 | 2465 |
| 1437 | 1438 | 1438 | 1432 | 1432 | | 2481 | | | | 2371 | 2481 |
| 1438 | | | 1432 | 1432 | | 3642 | | | 3641 | 3641 | 3642 |
| 1451 | | 1127 | 1121 | 1121 | | 3643 | | 3641 | 3641 | 3641 | 3643 |
| 1525 | 1562 | 1562 | 1562 | 1562 | | 3646 | | | 3652 | 3652 | 3646 |
| 1567 | 1566 | 1566 | 1566 | 1566 | | 3651 | 3652 | 3652 | 3652 | 3652 | 3651 |
| 1942 | | | 1943 | 1943 | | 3653 | 3652 | 3652 | 3652 | 3652 | 3653 |
| 1948 | 1946 | 1946 | 1946 | 1946 | | | | | | | |

# Bijlage 5: Verdeling van het sterfterisico in het onderzoeksgebied

In hoofdstuk 3 is de verdeling van het sterfterisico in het onderzoeksgebied beschreven aan de hand van kaartjes. Voor doodsoorzaak specifieke sterfte, zijn in hoofdstuk 3 alleen de figuren opgenomen waarbij de sociale status van het postcodegebied in de statistische analyses is genomen. Dit geeft een beter beeld van mogelijk milieu-gerelateerde verhogingen of verlagingen in het gebied, dan wanneer de correctie voor sociale status achterwege wordt gelaten. Volledigheidshalve zijn in deze bijlage de figuren opgenomen waarin niet voor sociale status is gecorrigeerd.

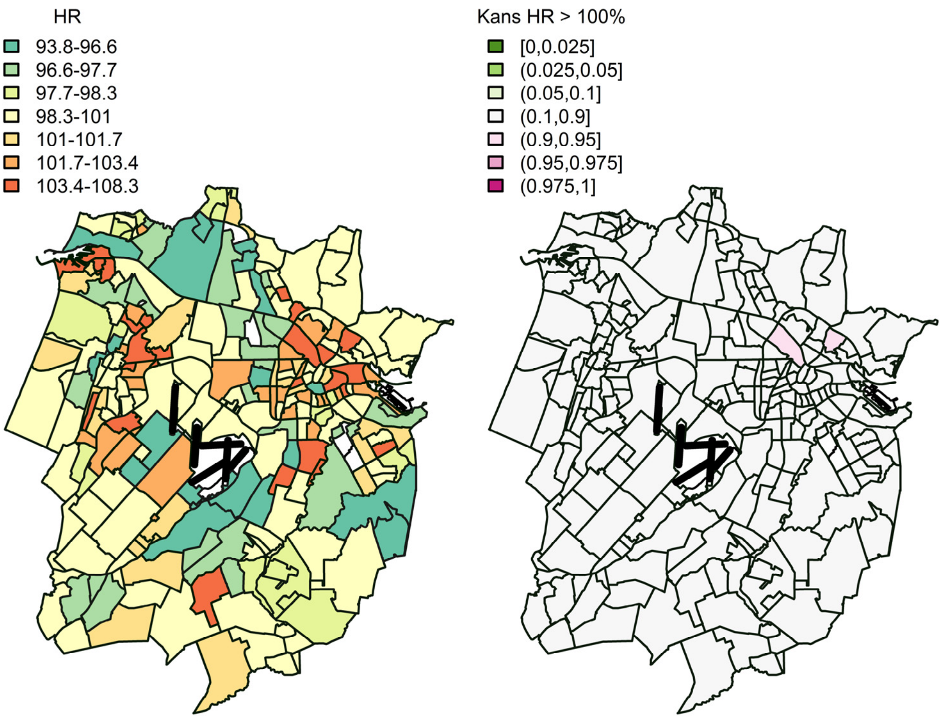
*Sterfte aan een hart- en vaatziekte*




*Figuur 5A: Verdeling van risico voor sterfte aan een hart- en vaatziekte over het onderzoeksgebied uitgedrukt als hazard ratio (links) en als overschrijdingskans van de hazard ratio (rechts), na correctie voor demografische factoren en gestandaardiseerd huishoudinkomen*

In Figuur 5A is er geen patroon herkenbaar dat wijst op een systematische verhoging van de HR voor sterfte aan een hart- en vaatziekte rondom het luchthaventerrein (linkerdeel).

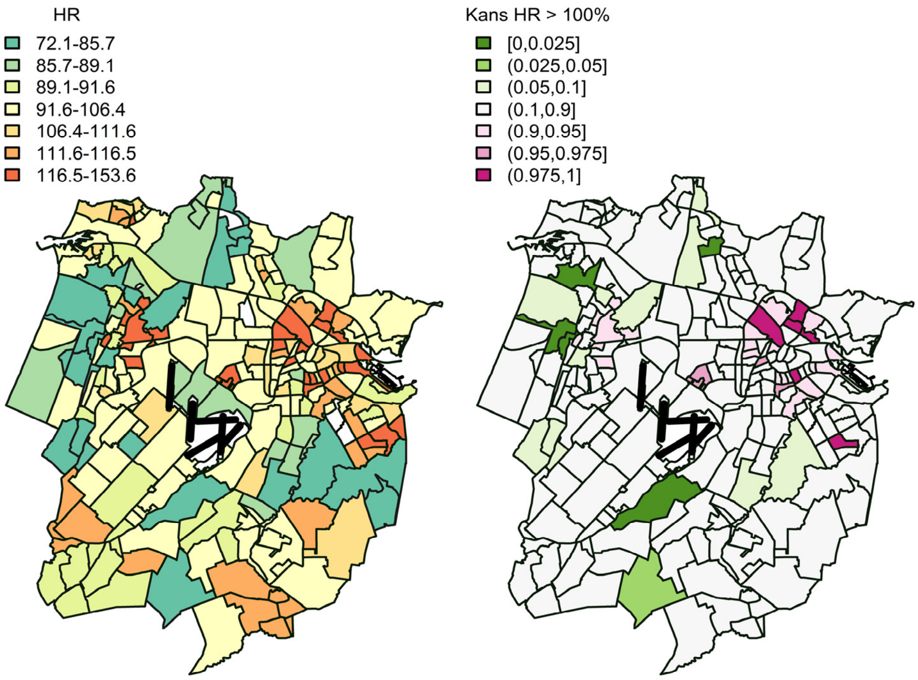
*Sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen*




*Figuur 5B: Verdeling van risico voor sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen over het onderzoeksgebied uitgedrukt als hazard ratio (links) en als overschrijdingskans van de hazard ratio (rechts), na correctie voor demografische factoren en gestandaardiseerd huishoudinkomen.*

Figuur 5B wijst niet op patroon van verhoogde HR's voor sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen nabij het luchtvaartterrein.

*Sterfte aan longkanker*




*Figuur 5C: Verdeling van risico voor sterfte aan longkanker over het onderzoeksgebied uitgedrukt als hazard ratio (links) en als overschrijdingskans van de hazard ratio (rechts), na correctie voor demografische factoren en gestandaardiseerd huishoudinkomen.*

Ook voor sterfte door longkanker is er in Figuur 5C geen patroon te identificeren dat wijst op systematisch verhoogde HR's in postcodes nabij het luchtvaartterrein.

# Bijlage 6: UFP belasting naar gemeente en 4-cijferige postcodegebied

| UFS-belasting in deeltjes/cm$^3$ | Gemeente | Postcodegebieden |
|---|---|---|
| >= 8.000 | Aalsmeer | 1432 |
| | Haarlemmermeer | 1117 1118 1119 1171 1175 1436 1437 1438 2143 |
| >= 7.000 & <8.000 | Amsterdam | 1060 |
| >= 6.000 & <7.000 | Aalsmeer | 1431 |
| | Amsterdam | 1069 |
| | Haarlemmermeer | 1161 2132 2141 |
| >= 5.000 & <6.000 | Amstelveen | 1187 |
| | Amsterdam | 1066 1068 |
| | Haarlemmerliede en Spaarnwoude | 1165 |
| | Haarlemmermeer | 2131 |
| >= 4.000 & <5.000 | Amstelveen | 1182 1185 1188 |
| | Amsterdam | 1047 1064 1065 1067 |
| | Haarlem | 2037 |
| | Haarlemmermeer | 2133 2135 |
| >= 3.000 & <4.000 | Amstelveen | 1181 1183 1186 |
| | Amsterdam | 1043 1046 1058 1059 1061 1062 1063 1081 |
| | Haarlem | 2032 2033 2034 2035 2036 |
| | Haarlemmerliede en Spaarnwoude | 2065 |
| | Haarlemmermeer | 1435 2134 2142 |
| | Uithoorn | 1422 1424 |
| >= 2.000 & <3.000 | Aalsmeer | 1433 |
| | Amstelveen | 1184 1189 |
| | Amsterdam | 1014 1016 1017 1041 1042 1044 1045 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1082 1083 |
| | Bloemendaal | 2121 |
| | De Ronde Venen | 1427 |
| | Haarlem | 2011 2012 2019 2021 2022 2023 2031 2063 |
| | Haarlemmerliede en Spaarnwoude | 2064 |
| | Haarlemmermeer | 2136 2144 2151 2152 2153 |
| | Heemstede | 2101 2102 2103 2104 |
| | Nieuwkoop | 1428 |
| | Ouder-Amstel | 1191 |
| | Uithoorn | 1421 1423 |
| | Zaanstad | 1505 |

*Vervolg tabel*

| UFS-belasting in deeltjes/cm$^3$ | Gemeente | Postcodegebieden |
|---|---|---|
| < 2.000 | Amsterdam | 1011 1012 1013 1015 1018 1019 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1086 1087 1091 1092 1093 1094 1095 1096 1097 1098 1099 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1114 |
| | Beverwijk | 1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 |
| | Bloemendaal | 2051 2061 2111 2114 |
| | De Ronde Venen | 1391 1396 1426 3641 3642 3643 3645 3646 3648 |
| | Diemen | 1111 1112 1113 |
| | Haarlem | 2013 2014 2015 2024 2025 2026 |
| | Haarlemmermeer | 2154 2155 2156 2157 2158 2165 |
| | Heemstede | 2105 2106 |
| | Hillegom | 2181 2182 |
| | Kaag en Braassem | 2159 2355 2371 2374 2375 2376 2377 2451 2465 2481 |
| | Landsmeer | 1121 1127 1451 |
| | Nieuwkoop | 2421 2431 2432 2435 2441 2461 3651 3652 3653 |
| | Oostzaan | 1511 |
| | Ouder-Amstel | 1115 |
| | Velsen | 1951 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1981 1985 1991 1992 2071 2082 |
| | Zaanstad | 1501 1502 1503 1504 1506 1507 1508 1509 1521 1522 1525 1541 1544 1551 1561 1562 1566 1567 |
| | Zandvoort | 2041 2042 2116 |

# Bijlage 7: Vergelijking van het sterfterisico met elders in Nederland

In Hoofdstuk 5 zijn de resultaten beschreven van de vergelijking van de sterfterisico's van selecties van postcodegebieden gebaseerd op hun UFP belasting met 40 COROP-gebieden in heel Nederland en in het bijzonder met die in omringende COROP-gebieden.

De analyses zijn ook uitgevoerd met selecties van postcodegebieden die op basis van de afstand tot de dichtstbijzijnde start- of landingsbaan zijn gedefinieerd.

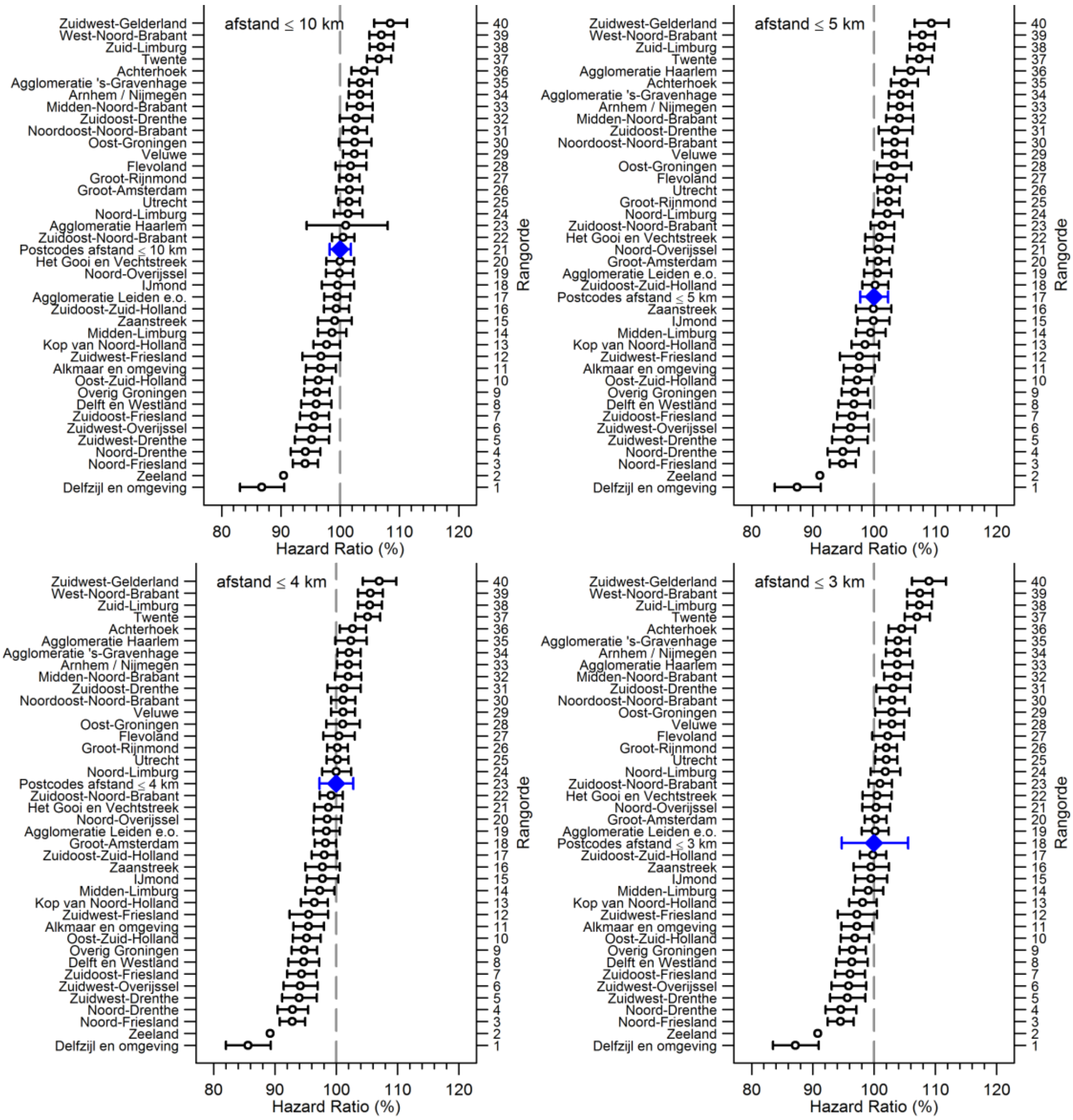
De resultaten van de selectie gebaseerd op afstand komen in algemene zin overeen met die van de selectie gebaseerd op UFP belasting. Volledigheidshalve zijn de resultaten van de selectie gebaseerd op afstand in deze bijlage opgenomen.

*Natuurlijke sterfte*
In Figuur 7A zijn de postcodegebieden geselecteerd op basis van de afstand tot de dichtstbijzijnde start- of landingsbaan (≤3, ≤4, ≤5 en ≤10 km). Het risico op natuurlijke sterfte gedurende de observatieperiode van 7 jaar is voor deze vier selecties iedere keer afzonderlijk vergeleken met het sterfterisico in de COROP-gebieden. De resultaten zijn in vier deelfiguren weergegeven. In de deelfiguren is de HR van de betreffende verzameling van postcodes met blauw gemarkeerd.

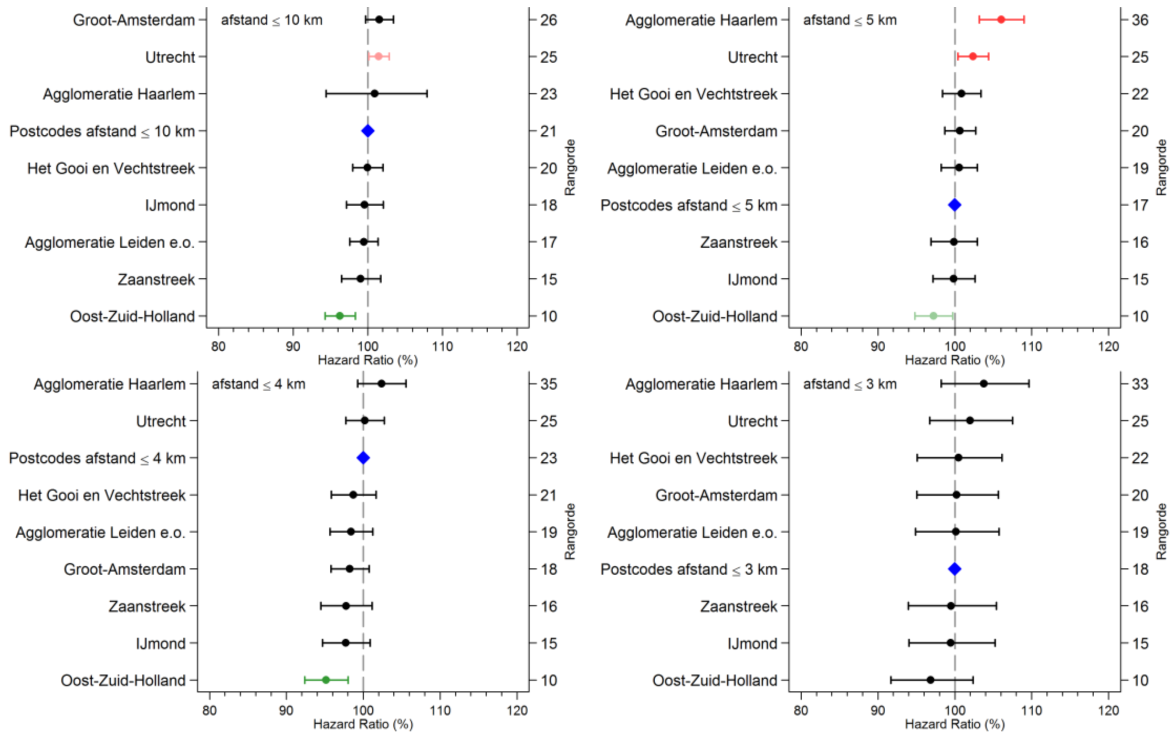
De rangorde (op een schaal van 1 tot 40) bedraagt voor de verzameling van postcodegebieden rond Schiphol 21 (≤10 km), 17 (≤5 km), 23 (≤4 km) en 18 (≤3 km). Hoe lager de rangorde, hoe lager de HR. Het sterfterisico in de deze postcodes komt dus ongeveer overeen met het gemiddelde in Nederland.

In Figuur 7B is eenzelfde werkwijze gevolgd, maar zijn alleen de COROP gebieden getoond die geografisch in de buurt van het onderzoeksgebied liggen.

De risico's voor natuurlijke sterfte liggen in de ordegrootte van de omringende gebieden die niet of in veel mindere mate door UFP van vliegverkeer worden belast.




*Figuur 7A: Hazard ratio voor natuurlijke sterfte, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van vier verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op afstand tot de dichtstbijzijnde start- of landingsbaan (≤3, ≤4, ≤5 en ≤10 km) en 40 COROP-gebieden, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren.*

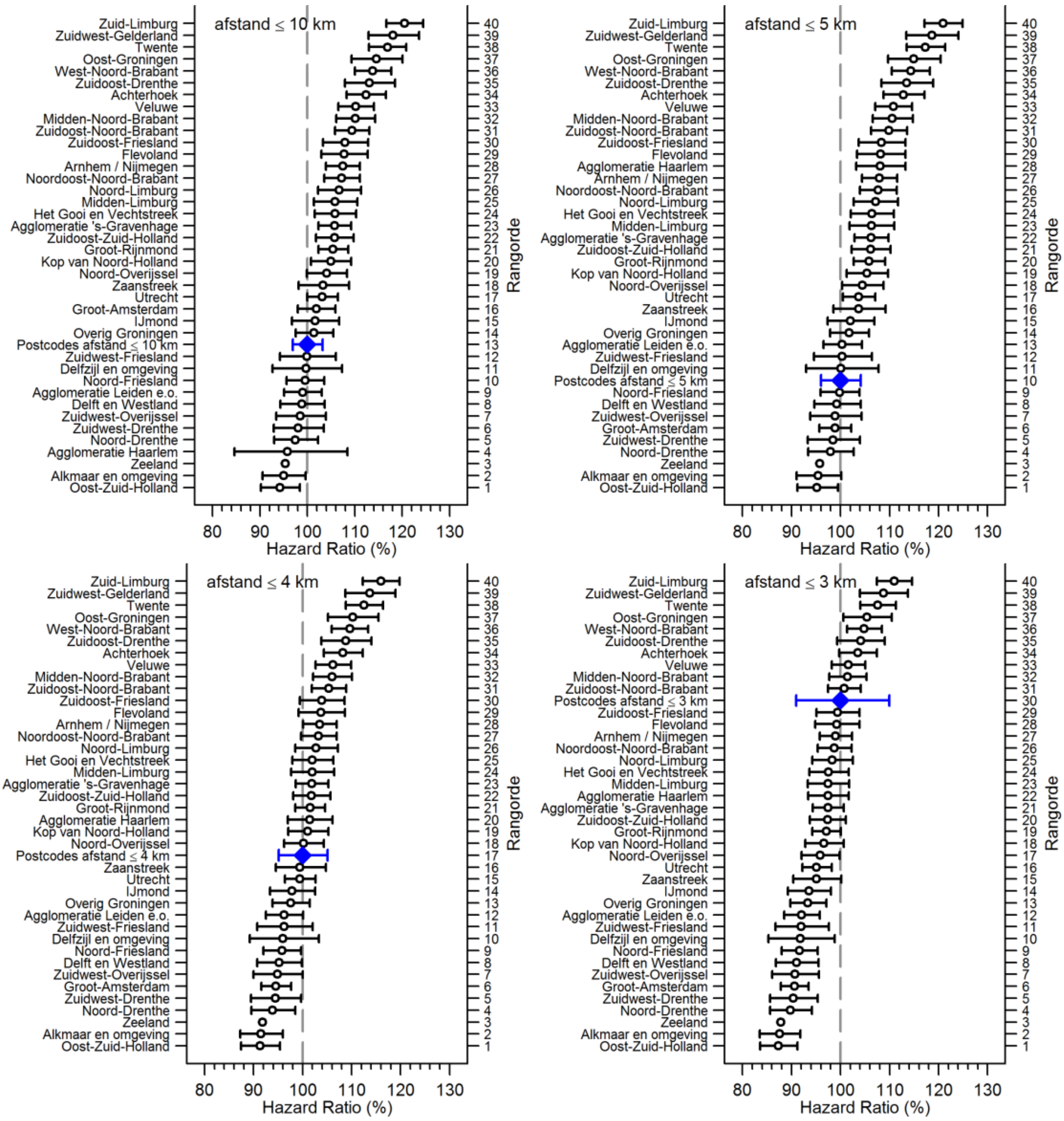



*Figuur 7B: Hazard ratio voor natuurlijke sterfte, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van 8 nabijgelegen COROP-gebieden ten opzichte van vier verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op afstand, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren en voor de overige COROP-gebieden.*

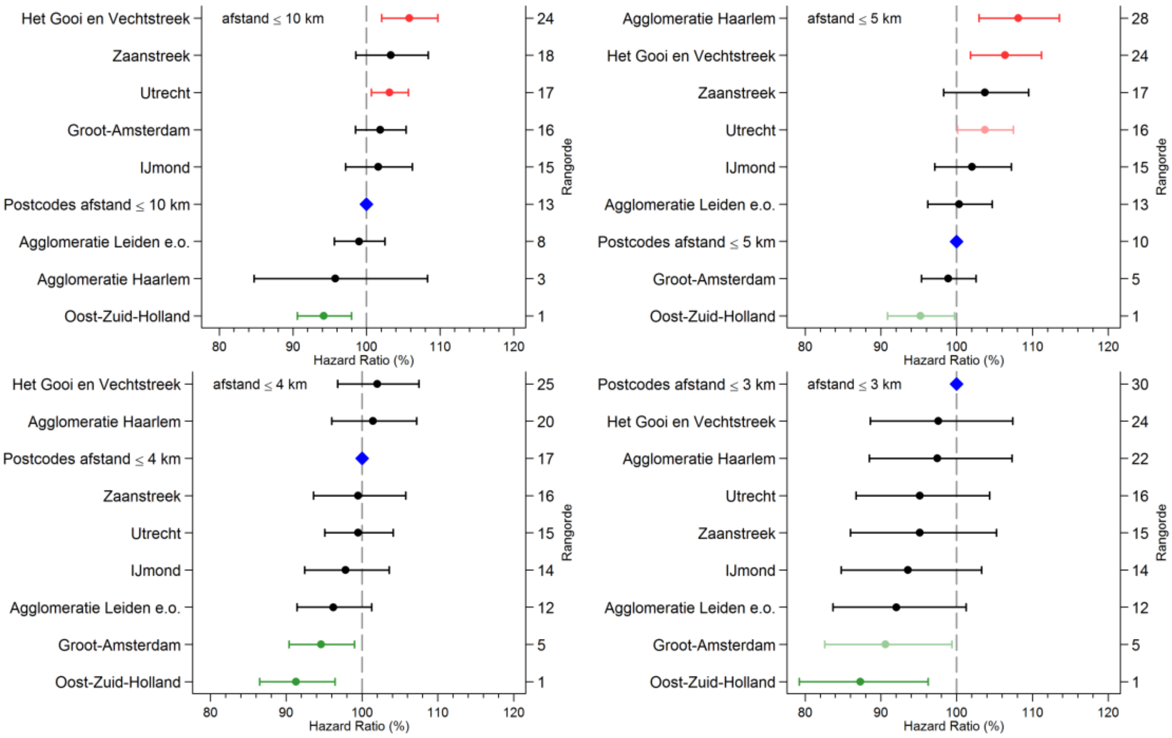
*Sterfte aan een hart- en vaatziekte*
Het risico op sterfte aan hart- en vaatziekten komt overeen met de COROP gebieden waar lagere risico's worden gevonden (zie Figuur 7C). De rangorde van de selecties is 13 (≤10 km), 10 (≤5 km), 17 (≤4 km) en 30 (≤3 km).

De rangorde geeft aan dat de selectie van postcodes een sterfterisico voor hart- en vaatziekten hebben die lager ligt dan het gemiddelde risico in Nederland. Een uitzondering hierop zijn de postcodes waarvan het zwaartepunt zich op minder dan 3 km van de dichtstbijzijnde start- of landingsbaan bevinden.

De HR's voor sterfte aan hart- en vaatziekten zijn in Figuur 7D vergeleken met nabijgelegen COROP-gebieden gemiddeld wanneer de selectie op een groot aantal postcodegebieden is gebaseerd. Voor de verzameling postcodegebieden binnen 3 km van een start- of landingsbaan geldt dat het sterfterisico wat verhoogd is.



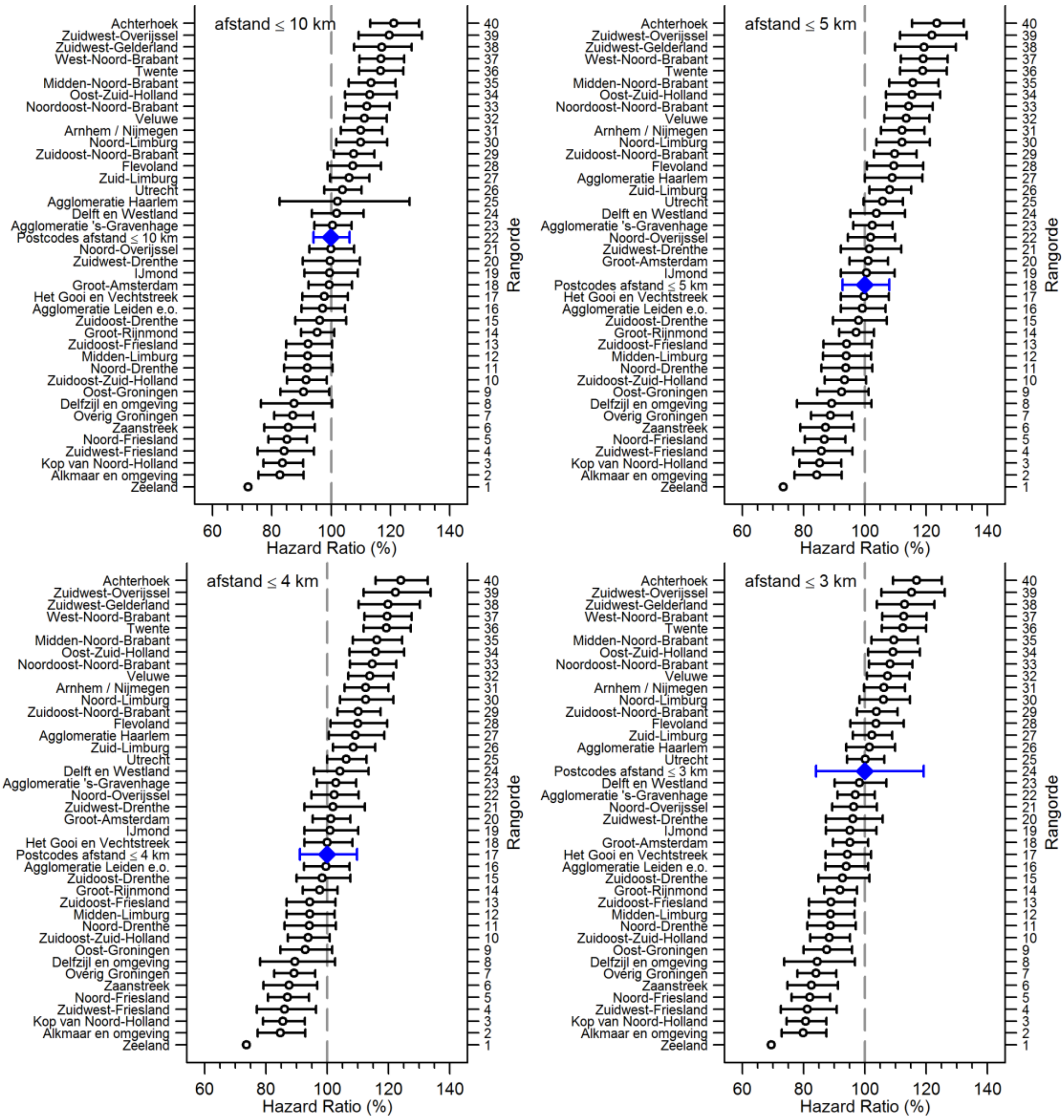

*Figuur 7C: Hazard ratio voor de sterfte aan een hart- of vaatziekte, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van vier verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op afstand tot de dichtstbijzijnde start- of landingsbaan (≤3, ≤4, ≤5 en ≤10 km) en 40 COROP-gebieden, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren.*



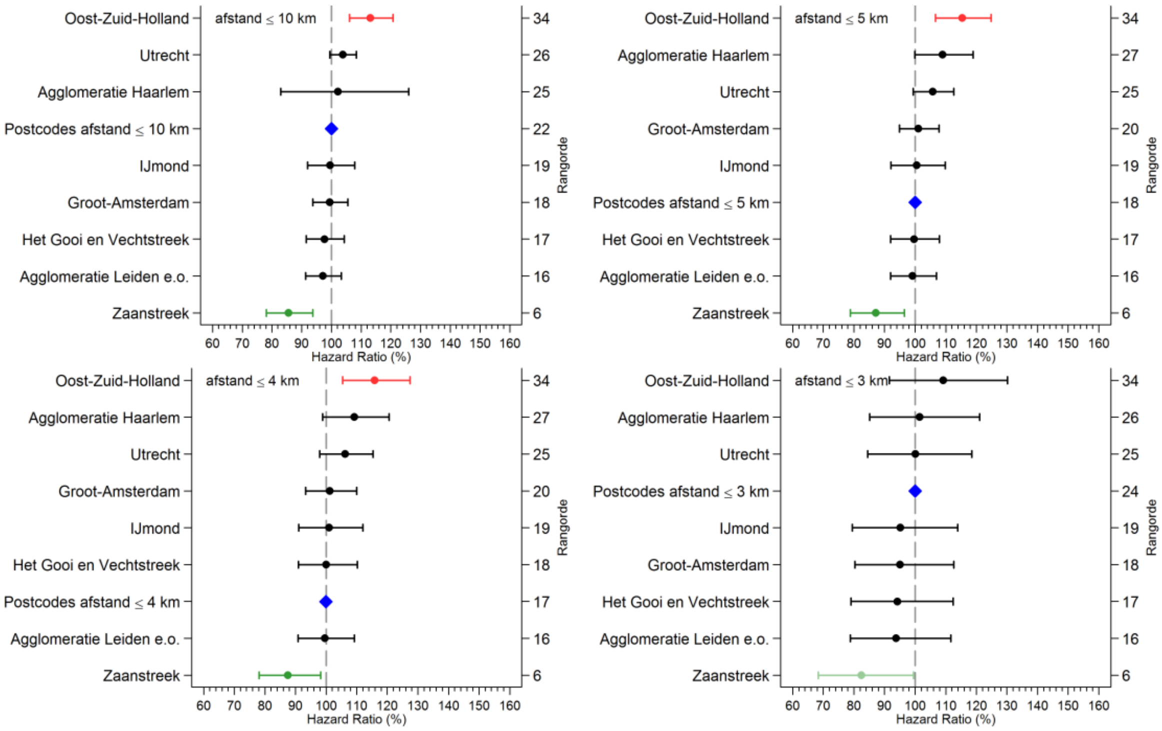

*Figuur 7D: Hazard ratio voor sterfte aan een hart- en vaatziekte, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van 8 nabijgelegen COROP-gebieden ten opzichte van vier verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op afstand, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren en voor de overige COROP-gebieden.*

*Sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen*
De HR's voor sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen van de op afstand geselecteerde postcodegebieden vallen in de middenmoot van HR's die voor de verschillende COROP-gebieden in Nederland worden gevonden (rangorde 17-24) (Figuur 7E).

Wanneer de HR's voor sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen van de verzamelingen van postcodegebieden worden vergeleken met de cijfers van omringende COROP-gebieden (Figuur 7F), dan zijn deze over het algemeen gelijk.




*Figuur 7E: Hazard ratio voor sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van vier verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op afstand tot de dichtstbijzijnde start- of landingsbaan (≤3, ≤4, ≤5 en ≤10 km) en de 40 COROP-gebieden, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren.*

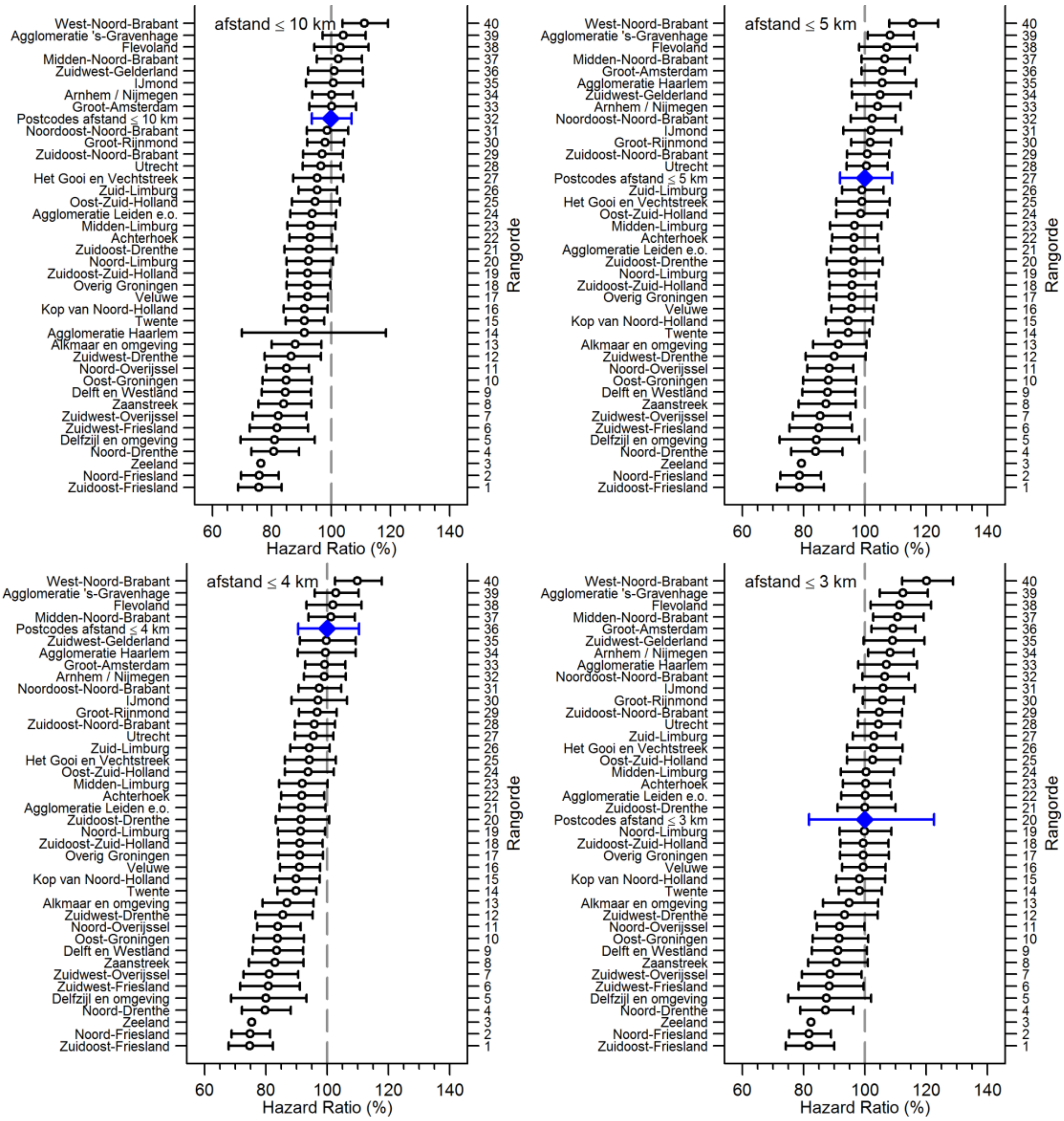



*Figuur 7F: Hazard ratio voor sterfte aan ziekten van de ademhalingswegen, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van 8 nabijgelegen COROP-gebieden ten opzichte van vier verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op afstand, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren en voor de overige COROP-gebieden.*

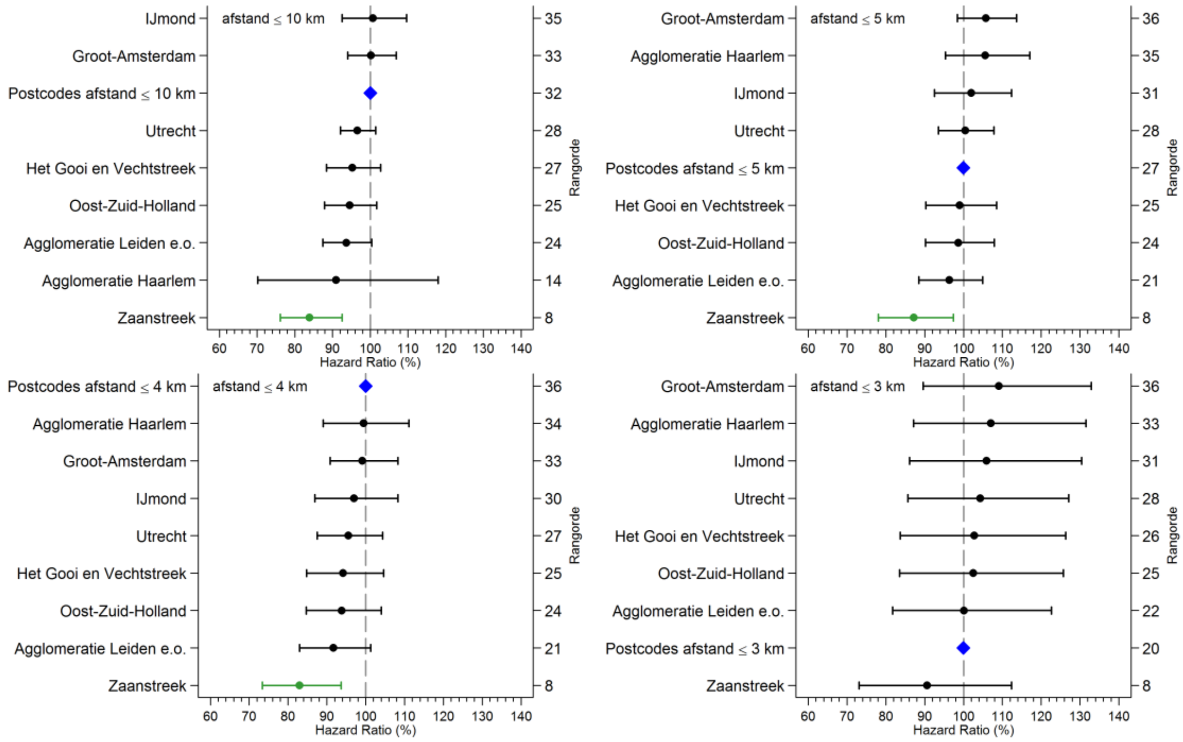
*Sterfte aan longkanker*

De rangorde voor sterfte aan longkanker bedraagt voor de verzameling van postcodegebieden rond Schiphol 32 (≤10 km), 27 (≤5 km), 36 (≤4 km) en 20 (≤3 km) (Figuur 7G). Het sterfterisico door longkanker in deze verzamelingen van postcodes behoort daarmee tot de gemiddelde tot hogere regionen in Nederland.

Wanneer de sterfterisico's van nabijgelegen COROP-gebieden worden afgezet ten opzichte van de verschillende selecties ontstaat een wisselend beeld (Figuur 7H). Wanneer de selectie een groter gebied betreft (bijv. 10 km), dan liggen de risico's voor sterfte aan longkanker iets hoger. Bij een selectie van een kleiner gebied, liggen de resultaten wat lager ten opzichte van deze COROP-gebieden. De verschillen die worden aangetroffen zijn over het algemeen niet statistisch significant.




*Figuur 7G: Hazard ratio voor sterfte aan longkanker, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van vier verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op afstand tot de dichtstbijzijnde start- of landingsbaan (≤3, ≤4, ≤5 en ≤10 km) en de 40 COROP-gebieden, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren*




*Figuur 7H: Hazard ratio voor sterfte aan longkanker, het 95% betrouwbaarheidsinterval en de rangorde van 8 nabijgelegen COROP-gebieden ten opzichte van vier verzamelingen van postcodegebieden gebaseerd op afstand, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren en voor de overige COROP-gebieden.*

# Bijlage 8: Report expert meeting on UFP around airports

**Date**: 3rd march 2016

**Participants**: David Carruthers (CERC), Stijn Janssen (VITO), Sjoerd van Ratingen (TNO), Sef van den Elshout (DCMR), Ernie Weijers (ECN), Hans Erbrink (ESC), Nicole Janssen (RIVM), Danny Houthuis (RIVM), Joost Wesseling (RIVM), Aad Bezemer (RIVM)

**Presentations on the recent measurements and model results on UFP concentrations around Schiphol**

- *General introduction – Joost Wesseling (RIVM)*
- *Measurements – Ernie Weijers (ECN)*
- *Modelling – Hans Erbrink (ESC)*
- *Questions / Discussion*

The recent measurements and modelling of UFP concentrations around Schiphol, as described in (translations of) the respective chapters and appendixes of RIVM Report 2015-0110 ('Further exploratory study of ultrafine particulate material around Schiphol'), were presented and discussed. The experts present did not have any major comments on the methods and approach used.
The main advice was to include the contribution of taxiing. The relatively large difference between the measured and modelled wind rose near the Polderbaan (where the contribution of taxiing is expected to be the largest) illustrates this. The contribution of taxiing was not included because of lack of information on taxi movements and emissions factors. It should be noted, however, that the emissions during taxiing are expected to be especially of importance in the immediate vicinity of the airport, althuogh effects further away cannot be excluded. As for the rest, only a few houses are present near that taxiiing area..

The conversion factor of 400.000 that was used to convert the modelled PM10 contributions (in $\mu g/m^3$) in UFP (in #particles/$cm^3$) was considered robust, especially for the sites close to the airport, where the scientific equipment was placed.

**Presentations on similar studies in other countries**
David Carruthers (CERC) presented the modelling of PM and NOx around Heathrow Airport. Lessons learned from Heathrow:

- Both aircraft and road traffic are important.
- Aircraft emissions are sensitive to thrust setting (both take-off roll and landing).
- Initial climb and climb out are not important.
- Jet plume buoyancy needs to be accounted for.

Stijn Janssen (VITO) presented results of recent measurements near Zaventem
As in the Schiphol study, elevated UFP concentrations were observed, especially in the smallest size ranges. The contribution close to the airports was about 3-7 times larger compared to several kilometers further away. BC and NOx concentrations were not elevated.

**Presentation on data requirements for future epidemiological and/or toxicological studies and assessments**
Nicole Janssen (RIVM) presented the design and exposure assessment issues of several options for possible further studies on the potential health effects of ultrafine particles from airports.

- Studies on acute effects can be conducted with either measured UFP concentrations (e.g. studies in volunteers, panel studies, toxicological studies) as well as modelled UFP concentrations (e.g. time series studies). Studies on effects of long-term exposures will need to rely on modelling.
- For studies on effects of long-term exposures different types of studies are possible, with different health endpoints (from birth outcomes to mortality). Exposure assessment in these studies will be based on long-term average concentrations at the home addresses of the participants. For most health endpoints the modelled exposure contours need to be representative for a longer period. The accuracy of the spatial distribution of the modeled exposure is more important than the accuracy of the absolute levels.
- For times series studies on effect of short-term exposures hourly/daily values of ultrafine particles needed for several years (retrospectively). For this, spatial-temporal modelling is needed. For studies that use measured UFP concentrations (panel studies, volunteer studies and toxicological studies) the measured UFP will also include UFP from other sources.

**Discussion on the use of the modelled UFP concentrations for studies on effects of long-term exposures**
In 2003 a new runway (the ‘Polderbaan’) was opened. As a result, the dispersion pattern changed. The accuracy of the presented model to estimate residential long-term average UFP concentrations was therefore discussed for 3 time periods:

A. the current situation;
B. the period 2003-current (i.e. after the opening of the polderbaan);
C. the period before 2003 (i.e. before the opening of the polderbaan).

For the current situation, the uncertainty in the model was estimated to be about 50% in the area close to the airport and somewhat higher further away. Additional measurements are needed to better quantify this uncertainty. For earlier years (back to 2003) the uncertainty will be larger. For the period before 2003, additional modelling would be required, with larger uncertainties.

To improve the model, the contribution of taxiing should be included (all periods). Information on (changes in) fleet composition, fuel composition ($SO_2$ content) and flight patterns could possibly be used to improve the model for historical exposures. These factors, however, likely mainly influenced the absolute levels and not so much the spatial distribution.

Additional measurements are needed to further improve and validate the model. In response to the question regarding the advised number of sampling sites and the advised sampling period, the obvious answer was "as many and as long as possible". The most cost-efficient strategy would be to include continuous measurements of UFP at existing measurement stations in the area.

**Discussion on the use of the modelled UFP and measured concentrations for studies on effects of short-term exposures**
For time-series studies, requiring spatial-temporal modelling of daily UFP concentrations, the present modelling approach could be used, combining long-term information on emission factors and flight patterns with daily information on meteorology. This would result in larger uncertainties, which would need to be evaluated. Measurements could (substantially) decrease the uncertainties.

For studies using measured UFP concentrations (that thus include UFP from other sources), the size distribution, combined with information on specific traffic-related components (e.g. EC) could be used to estimate the UFP contribution from the airport from the total UFP concentrations measured.

**Discussion on modelling UFP from other sources (e.g. road traffic)**
There is no validated information on UFP emission factors for road traffic in the Netherlands available. Conversion factors from PM10 contributions (in $\mu g/m^3$) to UFP (in #particles/$cm^3$) will be 1-2 orders of magnitude lower for road traffic compared to air traffic. UFP from road traffic will probably be highly correlated with EC. Modelled EC contributions from road traffic could therefore be used as a proxy for UFP from road traffic. This way, estimated health effects from air traffic can be indirectly adjusted for confounding by the contribution from road traffic. Such an analysis, however, would not provide any information on the potential health effect of UFP from road traffic.

**Recommendation in general**

- Add UFP measurements at fixed locations.
- Determine distribution of total UFP inside city and near shipping.
- Try to combine information from different studies / countries.
- Estimate emission factors for road traffic.
- Study chemical composition / toxicology of UFP (smallest particles).
- Study (changes) in
  - fleet composition;
  - fuel composition ($SO_2$ content);
  - Flight patterns;
- Estimate developments in the above for the (near) future.

# Bijlage 9: Beschrijving mogelijke onderzoeksopties

Voor nieuw gezondheidsonderzoek naar zowel de effecten van kortdurende toename van ultrafijnstof (pieken) als van de effecten van langdurige blootstelling aan verhoogde hoeveelheden ultrafijnstof is op de pagina's 53 en 54 van het rapport "Nader verkennend onderzoek ultrafijnstof rond Schiphol" een aantal mogelijkheden ter overweging opgesomd. Deze mogelijkheden worden in dit document iets verder uitgewerkt.

Bij elk van de opties is aangegeven wat de geschatte doorlooptijd is, en wat de informatie is die hier voor beleidsonderbouwing kan worden geleverd. In de rapportage werd eerder in generieke zin aangegeven dat de geschatte doorlooptijd voor de mogelijke onderzoeken tenminste twee jaar per onderwerp zou bedragen. Verder wordt aangegeven of dit gericht is op de bron vliegveld/vliegverkeer dan wel generiek ultrafijnstofblootstelling.

Deze opties zullen worden gesproken in de workshop van 17 maart 2016. Op basis van de uitkomst van deze workshop zal een advies voor vervolgonderzoek worden geformuleerd.

1. **Onderzoeken naar gezondheidseffecten na kortdurende verhogingen ultrafijnstof**

    1. **Dag-tot-dag variatie UFP en ziekte/sterfte omwonenden**
    Het op dag-basis volgen van de sterfte en/of ziekenhuisopnames en de ultrafijnstof-niveaus (tijdserie-onderzoek). Beide typen onderzoek zijn al voor geheel Nederland uitgevoerd op basis van bestaande sterfte- en ziekenhuisregistraties. Het onderzoek wint aan zeggingskracht wanneer de ultrafijnstof-niveaus ook op dag-basis retrospectief beschikbaar zijn (langere observatie-periode). Dit onderzoek kan leiden tot een duiding van de situatie omdat de uitkomsten naast andere internationale studies kunnen worden gelegd.
        - **Doorlooptijd:** 1,5 jaar (mede afhankelijk van de tijd benodigd voor de retrospectieve modellering van de UFP niveaus)
        - **Welke informatie levert dit op?:** Of er sprake is van een verhoging in ziekenhuisopnamen en/of sterfte bij omwonenden rond Schiphol na dagen met verhoogde UF
        - **Opmerking:** Het is nodig voor al het onderzoek waarin gebruik wordt gemaakt van gezondheidsgegevens verzameld vóór 2015 te bezien of, en tot welke periode de huidige UFP concentraties kunnen worden terugvertaald naar het verleden. De eerste inschatting is dat dit voor de lange termijn blootstelling tot 1-2 jaar na opening van de Polderbaan (2003-2005) mogelijk is. Met hetzelfde model kunnen ook dagwaarden op adres-niveau gemodelleerd worden, waarbij lange-termijn gegevens over baangebruik - en vliegtuig-emissies worden gecombineerd met korte-

termijn gegevens over meteorologie. De dag tot dag variatie wordt hiermee volledig bepaald door de meteorologie.
- **Opmerkingen t.a.v. ziekenhuisregistraties:**
  - Los van de beschikbaarheid van ultrafijnstofniveaus, speelt momenteel de situatie dat vanaf 2006 de ziekenhuisregistraties niet meer zo volledig zijn als dit daarvoor het geval was (in 2012 is het percentage missende opnames gegroeid tot 25%). Daarnaast moet bij het volgen van personen in meerdere jaren van de LMR ook rekening gehouden worden met het feit dat tot en met 2011 niet alle LMR-opnamen gekoppeld konden worden aan de GBA, door het ontbreken van een volledig identificerende koppelsleutel. Gegevens zijn voor deze periode wel beschikbaar op 4-cijferig postcodeniveau.
  - Gezien de kwaliteit van de recentere registraties wordt gebruik van LMR-bestanden om personen in de tijd te volgen op ziekenhuisopnamen vanaf 2006, door het CBS minder geschikt geacht. Alleen als dergelijke analyses beperkt worden tot een bepaalde regio waar alle ziekenhuizen LMR-gegevens hebben geregistreerd in de bestudeerde onderzoeksjaren, is de betrouwbaarheid wellicht nog aanvaardbaar.

2. **Dag-tot-dag variatie UFP en klachtenregistratie en longfunctie omwonenden**
   Met klachtendagboekjes (of een meer moderne variant hiervan zoals een hiervoor ontwikkelde app), eventueel aangevuld met eenvoudige longfunctiemetertjes, gedurende enkele maanden volgen van kleinere groepen kinderen, volwassenen of ouderen (panel-studie). Ook dit onderzoek is in het verleden in Nederland regelmatig toegepast. Het studie-design kan worden uitgebreid met additionele persoonlijke metingen van hartfunctie. Gedurende de studie periode worden continue UFP metingen op een beperkt aantal locaties uitgevoerd. Naast UFP worden ook de belangrijkste andere luchtverontreinigende stoffen gemeten. Het aantal benodigde locaties hangt hierbij af van het gebied waaruit de deelnemers gerekruteerd worden (bijvoorbeeld scholen, bejaardentehuizen). Het onderzoek geeft inzicht in de daadwerkelijke relatie tussen het optreden van (luchtweg)klachten en dagelijkse schommelingen in de ultrafijnstof concentraties.
   - **Doorlooptijd:** 1-2 jaar
   - **Welke informatie levert dit op?** Of er sprake is van een verhoging van klachten of een vermindering van functies van longen- en/of hartvaatstelsel na dagen met verhoogde UF. Zowel gericht op de bron vliegveld/vliegverkeer als generiek ultrafijnstofblootstelling

3. **Acute effecten via vrijwilligersonderzoek**
   Onderzoek waarbij een beperkte groep vrijwilligers gedurende korte tijd (een tot enkele uren) benedenwinds van een gebruikte baan verblijft. Aan deze personen worden vervolgens gezondheidsmetingen verricht (longfunctie, hartfunctie, bloedruk, bloedbeeld, bloedvatfunctie en eventueel uitgeademd NO als

indicator voor luchtwegontsteking) en bloed afgenomen. Ter vergelijking kunnen dezelfde vrijwilligers ook op andere locaties worden blootgesteld (bijvoorbeeld nabij wegverkeer of op een (stads)achtergrondlocatie). Naast UFP worden ook de belangrijkste andere luchtverontreinigende stoffen gemeten. Met dit soort onderzoek is door het RIVM ervaring opgedaan in een project in samenwerking met de Universiteit Utrecht –IRAS (het zogenaamde RAPTES project). Een vergelijkbaar onderzoek wordt momenteel ook rondom de luchthaven van LA uitgevoerd.

Een alternatief is de vrijwilligers bloot te stellen in een afgesloten en geblindeerd laboratorium op locatie, waarbij onder goed gecontroleerde condities de blootstelling onder vergelijkbare omstandigheden aan lucht met en zonder UFP kan plaatsvinden. Er wordt dan gewerkt met een cross-over design en het is wenselijk om daarbij een referentieblootstelling te gebruiken. Het RIVM heeft veel ervaring met het blootstellen van gezonde vrijwilligers en hartpatiënten die aan verdunde dieselmotoruitstoot worden blootgesteld en waarbij cardiologen een reeks functionele parameters meten. Tevens kan afhankelijk van de vraagstelling een locatie nabij een drukke verkeersweg worden betrokken.
Dit type onderzoek kan inzicht geven in de 'worst case' effecten van kortdurende blootstelling aan relatief hoge niveaus. Het kan ondersteunend zijn bij de opzet van een grootschaliger gezondheidsonderzoek onder omwonenden en daarmee worden directe relaties gelegd met studies waarbij vrijwilligers zijn blootgesteld aan bijvoorbeeld dieselmotoruitstoot of aan luchtverontreiniging op andere locaties in Nederlands zoals langs drukke snelwegen.

- **Doorlooptijd:** 1,5 jaar vanwege doorlooptijd ethische toetsing.
- **Welke informatie levert dit op?** Antwoord op de vraag of gezondheidsklachten/effecten (alleen) te maken hebben met blootstelling aan vliegtuigmotoremissies. Deze variant kan zowel uitspraken opleveren over de effecten van UFP alleen als ook van het mengsel met de gasvormige en grotere deeltjes in de lucht. Tevens kan inzicht worden verkregen hoe de effecten van ultrafijnstof van vliegtuigen zich verhouden ten opzichte van dieselmotoremissies of UFP van verkeer of andere bronnen. Onderbouwing onderliggend biologische werkingsmechanisme dat tot effecten kan leiden; plausibiliteits-aspect.
- Gericht op de bron vliegveld/vliegverkeer in relatie tot wegverkeer of andere bronnen.

4. **Toxicologisch onderzoek**
Het verrichten van toxicologisch onderzoek direct op locaties rondom Schiphol dan wel met verzameld ultrafijnstof gekoppeld aan uitvoerige chemische en fysische analyses om de bijdragen van vliegtuigemissies vast te stellen. Eventueel kan dit ook bij andere vliegvelden worden uitgevoerd in NL of daarbuiten. Er zijn al contacten met onderzoekers in Denemarken. Met deze aanpak kan ook het verschil in schadelijkheid van ultrafijnstof afkomstig

van vliegverkeer en dat afkomstig van wegverkeer inzichtelijk worden gemaakt. In vergelijking met de opsomming in de eerdere rapportage is er naast de optie *in vitro* en *in vivo* onderzoek uit te voeren met verzameld ultrafijnstof in dit document ook aandacht besteedt hetzelfde onderzoek uit te voeren op locatie (4.1C en 4.2C) waarbij de effecten van de vliegtuigemissies als geheel en niet enkel de fractie ultrafijnstof onderzocht kan worden.

4.1 Acute effecten experimenteel onderzoek a-cellulair
Verzamelen ultrafijnstof op locatie t.b.v. a-cellulair (zonder gekweekte cellen) onderzoek in het laboratorium. Te denken valt aan het meten van het oxidatief potentieel van fijn stof waarmee een kwalitatieve indicatie verkregen kan worden over de reactiviteit van UFP en andere fijnstoffracties. Hiermee wordt een indicatie verkregen van de mogelijke toxiciteit en dus schadelijkheid van UFP wat richting kan geven aan verder onderzoek. Deze methode is eerder toegepast bij beoordelen effecten van motoremisses en effectiviteit van roetfilters.

- **Doorlooptijd:** 2 maanden
- **Welke informatie levert dit op?** Kwalificatie reactiviteit UFP van vliegtuigen eventueel versus wegverkeer of andere bronnen

4.2 Acute effecten experimenteel onderzoek *in vitro*
A. Verzamelen ultrafijnstof op locatie t.b.v. *in vitro* (gekweekte cellen) onderzoek in het laboratorium. Logistiek makkelijker te realiseren met als beperking dat enkel blootstelling aan ultrafijnstof en de daaraan gebonden componenten gerealiseerd kan worden i.p.v. blootstelling aan het hele mengsel en de uitkomsten geven dan ook een kwalitatieve indicatie die verder niet gebruikt kan worden voor risicobeoordeling.
- **Doorlooptijd:** minimaal 8 maanden
- **Welke informatie levert dit op?** Kwalificatie toxiciteit UFP van vliegtuigen eventueel versus wegverkeer of andere bronnen

B. Condities gelijk aan onderzoek met vrijwilligers (optie 3), onderzoek op locatie. Experimenteel werk met in vitro modellen (gekweekte cellen) is gemakkelijker dan het werken met proefdieren dat ethische en ook logistieke beperkingen kent. Een goed alternatief voor dierexperimenteel werk is werken met een state-of-the-art air-liquid exposure system, een systeem waarbij cellen rechtstreeks worden blootgesteld aan een mengsel van luchtverontreiniging, al dan niet rechtstreeks afkomstig uit de buitenlucht. Hierbij kan ook onderscheid worden gemaakt tussen PM2,5 en UFP, effecten van deeltjes versus de gasvormige stoffen en ook wat makkelijker op verschillende locaties (afstanden) rondom een vliegveld worden gewerkt. Naast UFP worden ook de belangrijkste andere luchtverontreinigende stoffen gemeten.
- **Doorlooptijd:** 1 jaar

- **Welke informatie levert dit op?** Antwoord op de vraag welke gezondheidseffecten optreden bij blootstelling aan UFP afkomstig van vliegtuigmotoren, hoe deze effecten zich verhoudt tot effecten bij blootstelling aan PM2,5 en hoe deze effecten zich verhouden tot blootstelling aan wegverkeer in het algemeen of emissies van dieselmotor aangedreven voertuigen. De blootstelling wordt uitgevoerd in een mobiel laboratorium op locatie. Tevens informatie over het achterliggende biologische werkingsmechanisme. Gericht op de bron vliegveld/vliegverkeer in relatie tot wegverkeer

4.3 Acute effecten experimenteel onderzoek *in vivo*

A. Verzamelen ultrafijnstof op locatie t.b.v. dierexperimenteel onderzoek in het laboratorium*.* Alternatief van proefdieren blootstellen op locatie is het verzamelen van UFP op verschillende locaties of bij verschillende condities en het dierexperimenteel onderzoek in het laboratorium uit te voeren, dit geheel afhankelijk van de vraagstelling, logistiek en budget. Logistiek is laboratorium onderzoek makkelijker te realiseren dan het onderzoek beschreven in 4.3B met als beperking dat enkel blootstelling aan ultrafijnstof en de daaraan gebonden componenten gerealiseerd kan worden i.p.v. blootstelling aan het hele mengsel en de uitkomsten geven dan ook een kwalitatieve indicatie die verder niet gebruikt kan worden voor risicobeoordeling.

- **Doorlooptijd:** 1,5 jaar vanwege doorlooptijd ethische toetsing
- **Welke informatie levert dit op?** Kwalificatie toxiciteit UFP van vliegtuigen eventueel versus wegverkeer of andere bronnen

B. *Blootstellen van proefdieren op locatie.* Condities gelijk aan onderzoek met vrijwilligers (voorstel 1), onderzoek op locatie. Met aanpassing dat het hier niet om diverse groep vrijwilligers gaat maar om een homogene groep proefdieren waarvan veel meer referentiegegevens bekend zijn. Het soort metingen betreft longfunctie, bloeddruk en hartslag waarbij continue kan worden gemeten en dus ook meer dagen achter elkaar bij wisselend baangebruik kan worden gekeken naar hele acute effecten.

- **Doorlooptijd:** 1,5 jaar vanwege doorlooptijd ethische toetsing.
- **Welke informatie levert dit op?** Antwoord op de vraag of gezondheidseffecten (alleen) te maken hebben met (UFP afkomstig van) vliegtuigmotoremissies en hoe deze effecten zich verhouden tot blootstelling aan wegverkeer of emissies van dieselmotor aangedreven voertuigen. De blootstelling wordt uitgevoerd in een afgesloten en geblindeerd laboratorium op locatie. Tevens informatie over het achterliggende biologische werkingsmechanisme dat tot klinische effecten kan leiden. Het betreft hier continue metingen die direct aan gebeurtenissen als startende en landende vliegtuigen kunnen worden gekoppeld. Gericht op de bron vliegveld/vliegverkeer eventueel in relatie tot

wegverkeer. Naast UFP worden ook de belangrijkste andere genormeerde luchtverontreinigende stoffen gemeten.

## 2. Onderzoeken naar gezondheidseffecten na langdurige blootstelling aan ultrafijnstof

In vergelijking met de opsomming in de eerdere rapportage is een extra optie toegevoegd: Effecten in dieren van lange termijn blootstelling (6).

1. **Sterfte in relatie tot lange termijn blootstelling.**
   Voor geheel Nederland is dat recent gedaan voor PM10 en $NO_2$ met behulp van gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Hierbij worden sterftegegevens uit bestaande registraties van het CBS, op adresniveau gekoppeld aan gemodelleerde luchtverontreiniging op het adres. Hiermee kan achterhaald worden of de kans op vroegtijdig overlijden verhoogd is in omgevingen met relatief hogere luchtverontreinigingsniveaus. De methodiek zou ook apart voor de regio Schiphol kunnen worden gedaan in relatie tot ultrafijn.
   - **Doorlooptijd:** 1,5 jaar (zodat ook sterfte in 2015 kan worden meegenomen)
   - **Welke informatie levert dit op?** Of er een relatie is tussen het wonen op locaties met veel UF van vliegverkeer en vervroegde sterfte.
   - **Opmerking:** Polderbaan is in 2003 geopend. Daarvoor waren de ufp concentraties anders verspreid rond Schiphol. Ook was er sprake van een andere vloot. Dit heeft als consequentie dat een nieuw cohort, met een recentere startdatum, gedefinieerd moet worden.
   - Voor een verdere uitwerking van deze opties: zie bijgevoegde document ‘’haalbaarheid nader onderzoek sterftecijfers’’.

2. **Medicatie-verstrekkingen in relatie tot lange termijn blootstelling.**
   Sinds 2006 verstrekken zorgverzekeraars gegevens aan het College voor Zorgverzekeringen over de vergoeding van medicatie die vallen onder de basisverzekering. De gegevens zijn sinds kort beschikbaar binnen een afgeschermde omgeving binnen het CBS. De gegevens over de medicatieverstrekking kunnen alleen worden gebruikt na toestemming van het College voor Zorgverzekeringen en van het CBS.
   - **Doorlooptijd:** 1,5 jaar
   - **Welke informatie levert dit op?** Of er een relatie is tussen het wonen op locaties met veel UFP en medicatie-uitgifte, als maat voor specifieke aandoeningen (luchtwegaandoeningen, hart- en vaataandoeningen, neurologische aandoeningen).
   - **Opmerking:** Met deze gegevens zijn sinds kort enkele ervaringen opgebouwd. Technisch is het mogelijk; enige investering in statistische methodologie is nodig. Ook is aandacht nodig voor de selectie van de geregistreerde medicatie. Er is waarschijnlijk synergie mogelijk met een kennisvraag vanuit IenM voor de periode 2016-2018.

3. **Geboorte-uitkomsten in relatie tot lange termijn blootstelling**
   Recent is gebleken dat eenzelfde design ook met de Perinatale Registratie (PRN) kan worden gedaan. De PRN database heeft informatie over alle geboortes in de periode 2004-2012 in Nederland, waaronder geboortegewicht, zwangerschapsduur en sterfte in het eerste levensjaar. Voordeel van onderzoek naar geboorte-uitkomsten, in vergelijking met bijvoorbeeld sterfte, is dat er sprake is van een relatief korte relevante blootstellingsperiode (≤9 maanden), zodat gebruik gemaakt kan worden van meer recente blootstellingsgegevens en modellen
   - **Doorlooptijd:** 1,5 jaar
   - **Welke informatie levert dit op?** Of er een relatie is tussen het wonen op locaties met veel UF en geboorte-uitkomsten (gewicht, vroeggeboorte, sterfte in eerste levensjaar).
   - **Opmerking:** Met de PRN gegevens zijn nog geen ervaringen opgebouwd.

4. **Vragenlijstonderzoek / GGD Gezondheidsmonitor 2012 en/of 2016.**
   - In een vragenlijst worden vragen gesteld over de ervaren en zelf-gerapporteerde gezondheid van de deelnemer. Deze informatie kan gerelateerd worden aan de lange termijn modellering van de Schiphol bijdrage. Er kan een zelfstandig onderzoek worden opgezet of aansluiting worden gezocht bij de lokale Gezondheidsmonitor. Deze zou kunnen worden uitgebreid (ophoging steekproef bij hogere ufp concentraties) en hierin zouden enkele gerichte gezondheidsvragen kunnen worden opgenomen. Op korte termijn zouden ook de al beschikbare gegevens van de Gezondheidsmonitor uit 2012 geanalyseerd kunnen worden (zie bijgevoegde documenten GGD Amsterdam)
   - **Doorlooptijd:** 1,5 jaar (bij zelfstandig onderzoek). Wanneer wordt aangesloten bij gezondheidsmonitor 2016 zal de rapportage naar verwachting voorjaar 2018 worden.
   - **Welke informatie levert dit op?** Of er een relatie is tussen het wonen op locaties met veel UF en verschillende (zelf gerapporteerde) gezondheidsindicatoren.
   - **Opmerking:** Lokale Gezondheidsmonitor wordt najaar 2016 landelijk uitgezet en kent interne deadlines waarbij moet worden aangesloten. Op korte termijn moeten hiervoor al besluiten worden genomen over bijvoorbeeld ophoging steekproeftrekking, extra vragen, etc.

5. **Gebruik maken van gegevens die in lopende studies worden verzameld.**
   Van de deelnemers aan deze studies is meestal het woonadres of postcode bij de onderzoekers bekend. Koppeling met ultrafijnstof bijdrage op het woonadres kan dan mogelijke invloeden van deze bijdrage op gezondheidsuitkomsten aan het licht brengen. Geïnventariseerd zou moeten worden of er voldoende deelnemers aan reeds lopende studies in het gebied woonachtig zijn om zinvol gebruik te kunnen maken van gezondheidsdata om een relatie met ultrafijnstof te onderzoeken.

- **Doorlooptijd:** inventarisatie 3 maanden
- **Welke informatie levert dit op?** Mogelijkheden tot vervolg op basis van bestaande, lokale, data.

Het wordt niet zinvol geacht om met onderzoek dat in het kader van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol eerder rond Schiphol is uitgevoerd nieuwe statistische analyse met blootstellinggegevens over ultrafijnstof uit 2015 uit te voeren[5].

6. **Effecten in dieren in relatie tot langdurige blootstelling aan UFP**
   Inzicht in de biologische processen die door lange termijn blootstelling aan UFP worden beïnvloed of de gezondheidsschade die ontstaat, kan met dierexperimenteel onderzoek worden verkregen. Het wordt veelal als onethisch gezien of het is onpraktisch dergelijk onderzoek bij mensen uit te voeren. In dit type onderzoek worden groepen gezonde dan wel dieren die een zich ontwikkelende ziekte hebben (bijvoorbeeld aderverkalking) voor een langere periode (maanden) op een 'vervuilde' locaties gehuisvest. De helft van de dieren wordt blootgesteld aan schone dan wel vuile lucht. Studies uitgevoerd ten noorden van New York bleken zeer succesvol in het aantonen van effecten van PM2,5 op aderverkalking. Ook kan tegelijk worden gekeken maar ander chronische ziekten zoals voorstadia van Alzheimer's (neurodegeneratie). Ook hier kan worden vergeleken met al uitgevoerde studies dan wel een wegverkeerslocatie als referentie. In dit opzicht kan samenwerking met Harvard University worden gezocht om bij lopend onderzoek aan te sluiten. Onderzoek zelf hoeft niet per se bij Schiphol te worden uitgevoerd
   - **Doorlooptijd: :** 1,5 jaar vanwege doorlooptijd ethische toetsing
   - **Welke informatie levert dit op?** Evidentie voor het al dan niet optreden van gezondheidsschade na langdurige blootstelling aan meer dan gemiddelde concentraties UFP, en in vergelijk met wegverkeer.

[5] Allereerst heeft de opening van de Polderbaan in 2003 geleid tot een verandering van het ruimtelijk patroon van ultrafijnstofblootstelling. Daarnaast is het aannemelijk dat de emissies van vliegtuigen in de loop van de tijd zijn veranderd. Recente informatie over de blootstelling aan ultrafijnstof is daarmee naar allerwaarschijnlijkheid niet representatief voor de blootstelling ten tijde van de eerder uitgevoerde studies die 15 tot 20 jaar geleden zijn uitgevoerd. Daarnaast geldt dat de onderzoeken in het kader van het GES monitoringsprogramma zich primair op de blootstelling aan vliegtuiggeluid richtten. De onderzoeken op basis van bestaande gezondheidsregistraties (ziekenhuisopnamen en medicatiegebruik) maakten gebruik van informatie per 4-positepostcodegebied. Voor vliegtuiggeluid is deze benadering geschikt. Echter, met deze onderzoeksopzet kan maar in beperkte mate gebruik worden gemaakt van de variatie in blootstelling aan ultrafijnstof rond Schiphol omdat geen rekening kan worden gehouden met de variatie van blootstelling binnen postcodegebieden. Onderzoek waarmee de relatie tussen blootstelling aan ultrafijnstof en gezondheid op woonadres in plaats van op postcodeniveau kan worden onderzocht, heeft meer zeggingskracht. Inmiddels is het mogelijk met een aantal gezondheidsregistraties (zoals sterfte, medicatiegebruik) – onder strikte voorwaarden - onderzoek te verrichten waarbij koppeling op woonadres van blootstelling en (niet tot persoon herleidbare) informatie over gezondheid mogelijk is. Deze nieuwere onderzoekmethodiek verdient de voorkeur boven het opnieuw analyseren van eerder verzamelde gegevens uit gezondheidsregistratiesystemen, uit oogpunt van zowel de zeggingskracht van de gehanteerde onderzoeksopzet als de representativiteit van de recente informatie over de blootstelling aan ultrafijnstof voor in het verleden verzamelde gegevens.

# Bijlage 10: Verslag workshop opties voor vervolgonderzoek

Datum: 17-03-2016
Locatie: RIVM

Aanwezig:
Prof. Dr. Ir. Bert Brunekreef, IRAS, UU, Utrecht
Ir. Paul Fischer (notulen), RIVM
Dr. Ir. Jacqueline van Engelen (RIVM); vanaf Discussie
Dr. Ir. Miriam Gerlofs-Nijland, RIVM
Dr. Ir. Gerard Hoek, IRAS, UU, Utrecht
Ir. Danny Houthuijs, RIVM
Drs. Imco Janssen, GGD Rotterdam
Dr. Ir. Nicole Janssen, RIVM
Drs. Rinske Keuken, GGD Kennemerland
Prof. Dr. Ir. Erik Lebret (voorzitter).
Drs. Arie Oosterlee, GGD Kennemerland
Ir. Rita Slob, GGD Rotterdam
Prof. Dr. Ir. Tjabe Smid, VU Medisch Centrum
Dr. Ir. Saskia van der Zee, GGD Amsterdam

**Opening**
De voorzitter licht de reden en doel van de workshop toe. Het doel is tot een gedragen advies te komen richting (de staatssecretaris van) IenM over de zin en haalbaarheid van vervolgonderzoek naar de gezondheidsrisico's van ultrafijnstof (UFP) voor omwonenden rondom Schiphol. Het product van de workshop is een verslag met de afweging en prioritering van opties voor vervolgonderzoek. Hiertoe zijn voorafgaand aan de workshop aan de deelnemers stukken gestuurd met mogelijke onderzoeksopties voor onderzoek naar de effecten van acute en lange termijn blootstelling van omwonenden en mogelijkheid om onderscheid te maken tussen totaal UFP versus UFP van vliegverkeer. Deze verschillende opties zullen door het RIVM en de GGD Amsterdam in de workshop gepresenteerd en bediscussieerd worden.

Op verzoek van de workshop wordt in deze rapportage nog kort aangegeven wat de stand van zaken is op het gebied van gezondheidseffecten van UFP.

In het kader van het RIVM-rapport "Nader verkennend onderzoek ultrafijnstof rond Schiphol" (RIVM Rapport 2015-0110) is in de wetenschappelijke literatuur gezocht naar studies op het gebied van potentieel schadelijke effecten voor de mens van ultrafijnstof in de buitenlucht. Er zijn geen studies gevonden die betrekking hebben op de gezondheidseffecten van blootstelling aan ultrafijnstof in relatie tot het wonen rondom een luchthaven. Evenmin zijn er studies gepubliceerd over gezondheidseffecten van lange termijn blootstelling aan ultrafijnstof afkomstig van andere bronnen dan luchthavens. Er is wel literatuur gepubliceerd over klinisch onderzoek waarbij vrijwilligers bijvoorbeeld kortdurend (twee uur) werden blootgesteld aan zeer hoge hoeveelheden ultrafijnstof. Daarbij bleken tijdelijke effecten op te treden op het systeem van hart en bloedvaten en het ademhalingssysteem. Uit

deze literatuur komt echter geen eenduidig beeld naar voren voor wat betreft de relatie tussen blootstelling aan ultrafijnstof en het optreden van gezondheidseffecten. Wel kan worden vastgesteld dat ultrafijne stofdeeltjes zo klein zijn dat ze ook via de longen in de bloedbaan kunnen doordringen en zo andere organen kunnen bereiken. Daarom wordt er vanuit gegaan dat een langdurige blootstelling kan leiden tot chronische gezondheidseffecten. Maar op basis van deze literatuur kunnen acute veranderingen in gezondheidsmaten bij de in de buitenlucht voorkomende uurgemiddelde concentraties rondom Schiphol niet worden uitgesloten. Het gaat dan bijvoorbeeld om effecten op het hart- en vaatstelsel en het ademhalingssysteem.

**Context, aanleiding**
Nicole Janssen (RIVM) licht toe wat de context en de aanleiding van de workshop is. Hiertoe worden de toezeggingen van de staatssecretarissen Mansveld en Dijksma aan de workshop gepresenteerd:
Staatssecretaris Mansveld 23-9-2015:

- "Het advies van RIVM om de effecten van langdurige blootstelling aan ultrafijnstof te onderzoeken, neem ik daarom over. Het effect van lange termijn blootstelling kan worden onderzocht door bijvoorbeeld sterftestatistieken of medicatiegebruik (als maat voor specifieke aandoeningen) in de regio Schiphol te koppelen aan de berekende ultrafijnstof bijdrage op adresniveau. Dit kan in samenspraak met de (inter)nationale wetenschap, om zoveel mogelijk aan te sluiten bij kennis die nu in ontwikkeling is."
- "Inzake een vervolgonderzoek naar kortdurende blootstelling aan ultrafijnstof zal met RIVM besproken worden welke inzichten in gezondheidseffecten dit kan opleveren. "
- "U wordt over beide punten naar verwachting in het begin van 2016 geïnformeerd. "

Staatssecretaris Dijksma op 10-2-2016:

- "In het RIVM-rapport staat dat er geen studies beschikbaar zijn over gezondheidseffecten van blootstelling aan ultrafijnstof. Daarom heeft het RIVM aanbevolen nader onderzoek te doen. Studies naar gezondheidseffecten vergen echt veel tijd, want je wilt doorlooptijden hebben van minimaal een tot anderhalf jaar. Ik vind het belangrijk dat we snel een eerste beeld hebben van mogelijke gezondheidsrisico's voor bewoners. Daarom heb ik het RIVM gevraagd om te rapporteren over sterftecijfers in de regio Schiphol en die cijfers te vergelijken met die van sociaaleconomisch vergelijkbare gebieden zonder luchthaven. In maart/april van dit jaar komt daarover een rapportage. Het is natuurlijk maar een beperkt onderzoek. Het zal echt niet op alle vragen een antwoord geven. We krijgen echter wel een eerste beeld, bijvoorbeeld of er significante verschillen zichtbaar zijn. Het RIVM zal dan ook aangeven wat die resultaten wel of niet opleveren ten aanzien van nut, noodzaak, opzet en haalbaarheid van eventueel nieuw onderzoek. Dan gaan we niet alleen maar naar ultrafijnstof van vliegtuigen kijken, maar naar ultrafijnstof in het algemeen."

Het ministerie heeft op 17 december 2015 het RIVM opdracht gegeven om de volgende vragen te beantwoorden:

1. Wat zijn de sterftecijfers in de periode 2004-2010 in de postcodegebieden rondom Schiphol die te maken hebben met verhoogde ultrafijnstof concentraties als gevolg van de bijdrage van de luchtvaart?
2. Hoe verhouden deze cijfers zich tot de sterftecijfers in qua samenstelling sociaaleconomisch vergelijkbare postcodegebieden zonder luchthaven in de nabije omgeving waar het ultrafijnstof niveau door vliegtuigemissies lager is?
3. Hoe kunnen eventuele verschillen tussen postcodegebieden binnen het gebied rond Schiphol en/of tussen het gebied rond Schiphol en de sterftecijfers elders in het land worden geduid?
4. Wat betekenen de resultaten voor de opzet en haalbaarheid van een eventueel vervolgonderzoek? Wat zijn bijvoorbeeld de benodigde randvoorwaarden en de beperkingen van dit mogelijke vervolgonderzoek?

De workshop zal met name focussen op vraagstelling 4 in combinatie met de toezeggingen van de Staatssecretarissen.

Er volgde een korte discussie over de blootstellingsberekeningen die voor het onderzoeksgebied zijn uitgevoerd. Daarbij werd verwezen naar een andere workshop die recent is gehouden over het meten en modelleren van de blootstelling aan UFP, waarin experts de gehanteerde blootstellingsmodellering positief beoordeelden. Punt van aandacht is de opening van de Polderbaan in 2003, waardoor de huidige contouren iets gewijzigd kunnen zijn ten opzichte van de situatie voorafgaand aan 2003.

**Programma**

In de workshop zijn vervolgens de volgende onderzoeksopties besproken:
Nader onderzoek acute effecten
- Tijdseries studies en panel studies (inleider: Paul Fischer)
- Vrijwilligersstudies en toxicologisch onderzoek (inleider: Miriam Gerlofs)

Nader onderzoek lange termijn effecten
- Sterfte en geboorte-uitkomsten (inleider: Nicole Janssen)
- Medicijngebruik (inleider: Danny Houthuijs)
- Gezondheidsmonitor (inleider: Saskia van der Zee)

**Tijdseries studies en panel studies (inleider: Paul Fischer)**

1. **Dag-tot-dag variatie UFP en ziekte/sterfte omwonenden (tijdseries studies)**
   Het op dag-basis volgen van de sterfte en/of ziekenhuisopnames en de ultrafijnstof-niveaus (tijdserie-onderzoek). Beide typen onderzoek zijn al voor geheel Nederland uitgevoerd op basis van bestaande sterfte- en ziekenhuisregistraties. Het onderzoek wint aan zeggingskracht wanneer de ultrafijnstof-niveaus ook op dag-basis retrospectief beschikbaar zijn (langere observatie-periode). Dit onderzoek kan leiden tot een duiding van de situatie omdat de uitkomsten naast andere internationale studies kunnen worden gelegd.

- **Doorlooptijd:** 1,5 jaar (mede afhankelijk van de tijd benodigd voor de retrospectieve modellering van de UFP niveaus)
- **Welke informatie levert dit op?:** Of er sprake is van een verhoging in ziekenhuisopnamen en/of sterfte bij omwonenden rond Schiphol na dagen met verhoogde UF
- **Opmerking:** Het is nodig voor al het onderzoek waarin gebruik wordt gemaakt van gezondheidsgegevens verzameld vóór 2015 te bezien of, en tot welke periode de huidige UFP concentraties kunnen worden terugvertaald naar het verleden. De eerste inschatting is dat dit voor de lange termijn blootstelling vanaf 1-2 jaar na opening van de Polderbaan (2003-2005) mogelijk is. Met hetzelfde model kunnen ook daggemiddelde concentraties op adres-niveau gemodelleerd worden, waarbij lange-termijn gegevens over baangebruik -en vliegtuig-emissies worden gecombineerd met korte-termijn gegevens over meteorologie. De dag tot dag variatie wordt hiermee volledig bepaald door de meteorologie.
- **Opmerkingen t.a.v. ziekenhuisregistraties:**
  - Los van de beschikbaarheid van ultrafijnstofniveaus, speelt momenteel de situatie dat vanaf 2006 de ziekenhuisregistraties niet meer zo volledig zijn als dit daarvoor het geval was (in 2012 is het percentage missende opnames gegroeid tot 25%). Daarnaast moet bij het volgen van personen in meerdere jaren van de Landelijk Medische Registratie (LMR) ook rekening gehouden worden met het feit dat tot en met 2011 niet alle LMR-opnamen gekoppeld konden worden aan de Gemeentelijke Basis Administratie (GBA), door het ontbreken van een volledig identificerende koppelsleutel. Gegevens zijn voor deze periode wel beschikbaar op 4-cijferig postcodeniveau.
  - Gezien de kwaliteit van de recentere registraties wordt gebruik van LMR-bestanden om personen in de tijd te volgen op ziekenhuisopnamen vanaf 2006, door het CBS minder geschikt geacht. Alleen als dergelijke analyses beperkt worden tot een bepaalde regio waar alle ziekenhuizen LMR-gegevens hebben geregistreerd in de bestudeerde onderzoeksjaren, is de betrouwbaarheid wellicht nog aanvaardbaar.

› **Advies van de workshop:**
De modellering van de dagelijkse (of uurlijkse) UFP niveaus is een punt van aandacht. De gesuggereerde methodiek zoals die in de workshop blootstelling is gepresenteerd (uur/dagwaarden schatten op basis van dagelijkse meteo en jaarlijkse emissies), wordt voor dit soort onderzoek als minder geschikt gezien. Als deze analyses gedaan gaan worden zouden ook de modelberekeningen verfijnd moeten zijn (o.a. met dagelijks of uurlijks baangebruik). Dit vergt echter een aanvullende modelleerexercitie. Met name vanwege de beperkte kwaliteit van de ziekenhuisregistraties is de conclusie een negatief advies ten aanzien van tijdseries studies van dagelijkse ziekenhuis opnames. De gegevens over dagelijkse totale en oorzaak-specifieke sterfte zijn wel betrouwbaar en kunnen worden gebruikt in een tijdserie analyse.

2. **Dag-tot-dag variatie UFP en klachtenregistratie en longfunctie omwonenden (panel studies)**
   Met klachtendagboekjes (of een meer moderne variant hiervan zoals een hiervoor ontwikkelde app), eventueel aangevuld met eenvoudige longfunctiemetertjes, gedurende enkele maanden volgen van kleinere groepen kinderen, volwassenen of ouderen (panel-studie). Ook dit onderzoek is in het verleden in Nederland regelmatig toegepast. Het studie-design kan worden uitgebreid met persoonlijke metingen van hartfunctie. Gedurende de studie periode worden continue UFP metingen op een beperkt aantal locaties uitgevoerd. Naast UFP worden ook de belangrijkste andere luchtverontreinigende stoffen gemeten. Het aantal benodigde locaties hangt hierbij af van het gebied waaruit de deelnemers gerekruteerd worden (bijvoorbeeld scholen, bejaardentehuizen). Het onderzoek geeft inzicht in de daadwerkelijke relatie tussen het optreden van (luchtweg)klachten, long- en/of hartfunctie en dagelijkse schommelingen in de ultrafijnstof concentraties.
   - **Doorlooptijd:** 1-2 jaar
   - **Welke informatie levert dit op?** Of er sprake is van een verhoging van klachten of een vermindering van functies van longen- en/of hartvaatstelsel na dagen met verhoogde UFP. Zowel gericht op de bron vliegveld/vliegverkeer als generiek ultrafijnstof blootstelling

› **Advies van de workshop:**
De workshop staat positief ten aanzien van dit type onderzoek, omdat de relatie tussen UFP en gezondheid meer direct kan worden gelegd, omdat het naar andere gezondheidsuitkomsten kijkt dan sterfte en omdat het in combinatie met andere onderzoeken informatie toevoegt aan het spectrum aan mogelijke gezondheidseffecten. Verder wordt aangegeven dat onderzoek onder kinderen aanspreekt onder de bevolking en dus ook beleidsmatig relevant is. De GGD'en zouden hier zeker behoefte aan hebben.

3. **Vrijwilligersstudies en toxicologisch onderzoek (inleider: Miriam Gerlofs-Nijland)**
   Met het verrichten van toxicologisch onderzoek direct op locaties rondom Schiphol dan wel met verzameld ultrafijnstof gekoppeld aan uitvoerige chemische en fysische analyses kunnen de bijdragen van vliegtuigemissies vastgesteld worden. Eventueel kan dit ook bij andere vliegvelden worden uitgevoerd in NL of daarbuiten. Er zijn al contacten met onderzoekers in Denemarken. Met deze aanpak kan ook het verschil in schadelijkheid van ultrafijnstof afkomstig van vliegverkeer en dat afkomstig van wegverkeer inzichtelijk worden gemaakt. Naast onderzoek met vrijwilligers is het mogelijk *in vitro* en *in vivo* onderzoek uit te voeren met verzameld ultrafijnstof of direct op locatie waarbij in het laatste geval de effecten van de vliegtuigemissies als geheel en niet enkel de fractie ultrafijnstof onderzocht kan worden.

Een aantal mogelijke toxicologische onderzoeksdesign wordt gepresenteerd:

**Verzamelen ultrafijnstof**

- Oxiderend vermogen (a-cellulair)
  - **Doorlooptijd**: 2 maanden
  - **Welke informatie levert dit op?** Kwalificatie reactiviteit UFP van vliegtuigen eventueel versus wegverkeer of andere bronnen
- In vitro –celkweek
  - **Doorlooptijd**: minimaal 8 maanden
  - **Welke informatie levert dit op?** Kwalificatie toxiciteit UFP van vliegtuigen eventueel versus wegverkeer of andere bronnen
- In vivo –dierexperimenteel
  - **Doorlooptijd:** 1,5 jaar vanwege doorlooptijd ethische toetsing
  - **Welke informatie levert dit op?** Kwalificatie toxiciteit UFP van vliegtuigen eventueel versus wegverkeer of andere bronnen

**Blootstelling op locatie**

- In vitro – celkweek m.b.v. ALI (air liquid interface systeem)
  - **Doorlooptijd:** 1 jaar
  - **Welke informatie levert dit op?** Antwoord op de vraag welke gezondheidseffecten optreden bij blootstelling aan UFP afkomstig van vliegtuigmotoren, hoe deze effecten zich verhoudt tot effecten bij blootstelling aan PM2,5 en eventueel hoe deze effecten zich verhouden tot blootstelling aan andere bronnen. De blootstelling wordt uitgevoerd in een afgesloten en geblindeerd laboratorium op locatie. Tevens informatie over het achterliggende biologische werkingsmechanisme.
- In vivo – dierexperimenteel m.b.v. mobiel laboratorium
  - **Doorlooptijd:** 1,5 jaar vanwege doorlooptijd ethische toetsing.
  - **Welke informatie levert dit op?** ? Geeft antwoord op dezelfde vragen als genoemd bij in vitro op locatie. Verschil hele organisme en dus ook complexiteit van de luchtwegen en longen. Naast eenmalig ook herhaalde en langer durende blootstelling mogelijk.
- Vrijwilligersonderzoek – in het veld of mobiel laboratorium
  - **Doorlooptijd:** 1,5 jaar vanwege doorlooptijd ethische toetsing.
  - **Welke informatie levert dit op?** Antwoord op de vraag of gezondheidsklachten/effecten (alleen) te maken hebben met blootstelling aan vliegtuigmotoremissies. Deze variant kan zowel uitspraken opleveren over de effecten van UFP alleen als ook van het mengsel met de gasvormige en grotere deeltjes in de lucht. Tevens kan inzicht worden verkregen hoe de effecten van ultrafijnstof van vliegtuigen zich verhouden ten opzichte van dieselmotoremissies of UFP van verkeer of andere bronnen. Onderbouwing onderliggend biologische werkingsmechanisme dat tot effecten kan leiden; plausibiliteits-aspect. Gericht op de bron

vliegveld/vliegverkeer in relatie tot wegverkeer of andere bronnen.

› **Advies van de workshop:**
De workshop staat **positief** ten opzichte van vrijwilligersonderzoek. Vrijwilligersonderzoek zou, zeker in combinatie met ander toxicologisch onderzoek en de hiervoor genoemde panel studies, kunnen bijdragen aan inzicht in de gezondheidseffecten van UFP. Met vrijwilligersonderzoek kan ook de relatieve toxiciteit van wegverkeer- en vliegverkeer –gerelateerd-UFP inzichtelijk worden gemaakt. Er wordt aangegeven dat een beperkte groep vrijwilligers niet representatief hoeft te zijn voor wat er in de bevolking aan effecten optreedt en dit dus een beperking van vrijwilligersonderzoek is. Maar er wordt ook onderkend dat elk design zijn voor- en nadelen heeft.

4. **Sterfte en geboorte-uitkomsten als gevolg van lange termijn blootstelling aan UFP (inleider: Nicole Janssen)**

**Sterfte-uitkomsten**
Voor geheel Nederland is recent sterfte gecorreleerd aan de PM10 en $NO_2$ niveaus met behulp van gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Hierbij worden sterftegegevens uit bestaande registraties van het CBS, op adresniveau gekoppeld aan gemodelleerde luchtverontreiniging op het adres. Hiermee kan achterhaald worden of de kans op vroegtijdig overlijden verhoogd is in omgevingen met relatief hogere luchtverontreinigingsniveaus. De methodiek zou ook apart voor de regio Schiphol kunnen worden gedaan in relatie tot UFP.

- Doorlooptijd: 1,5 jaar (zodat ook sterfte in 2015 kan worden meegenomen)
- Welke informatie levert dit op? Of er een relatie is tussen het wonen op locaties met veel UFP van vliegverkeer en vervroegde sterfte.
- Opmerking: Polderbaan is in 2003 geopend. Daarvoor waren de UFP concentraties anders verspreid rond Schiphol. Dit heeft als consequentie dat een nieuw cohort, met een recentere startdatum, gedefinieerd moet worden.

Uit een op de workshop gepresenteerde analyse van de statistische power blijkt dat, een follow-up tijd van vermoedelijk ca. 9 jaar nodig is om effecten op sterfte te kunnen aantonen. Gezien de onzekerheden in deze berekeningen, geven deze echter slechts een grove indicatie van de benodigde follow-up tijd. Als we ervan uitgaan dat de follow-up het beste kan starten na opening van de polderbaan, is de sindsdien verlopen tijd groter dan de geschatte benodigde follow-up duur, zodat deze analse in principe mogelijk is.

› **Advies van de workshop:**
De workshop vindt de aanpak waarbij gebruik wordt gemaakt van bestaande sterfte registraties nuttig en kosten effectief. Interessant is dat onlangs het Amerikaanse Health Effects Institute een onderzoeksvoorstel heeft gehonoreerd waarin behalve de Nederlandse DUELS studie ook andere Europese registraties zijn betrokken. De coördinator van de studie is Prof. Bert Brunekreef van het IRAS in Utrecht. Dit opent de mogelijkheid om ook bij andere Europese luchthavens (London Heathrow, Rome, Zurich, Kopenhagen en Oslo) naar de relatie tussen UFP blootstelling en sterfte te kijken door gebruik te maken van de bestaande onderzoeksverbanden. Op deze manier kan met relatief weinig extra middelen de power en zeggingskracht van de resultaten sterk verhoogd worden. Ook kan met dit design de situatie rondom de luchthavens van Rotterdam en Eindhoven relatief eenvoudig in kaart worden gebracht.

**Geboorte-uitkomsten**
Recent is gebleken dat eenzelfde soort studie ook met de Perinatale Registratie Nederland (PRN) kan worden gedaan. De PRN database heeft informatie over alle geboortes in de periode 2004-2012 in Nederland, waaronder geboortegewicht, zwangerschapsduur en sterfte in het eerste levensjaar. Voordeel van onderzoek naar geboorte-uitkomsten, in vergelijking met bijvoorbeeld sterfte, is dat er sprake is van een relatief korte relevante blootstellingsperiode (≤9 maanden), zodat gebruik gemaakt kan worden van meer recente blootstellingsgegevens en –modellen.

- Doorlooptijd: 1,5 jaar
- Welke informatie levert dit op? Of er een relatie is tussen het wonen op locaties met veel UFP en geboorte-uitkomsten (gewicht, vroeggeboorte, sterfte in eerste levensjaar).
- Opmerking: Met de PRN gegevens zijn nog geen ervaringen opgebouwd. Hier wordt dit jaar, in het kader van twee andere projecten, mee gestart.

Op basis van een gemiddeld geboortepercentage van 10.5% per 1.000 inwoners (CBS) worden jaarlijks in het onderzoeksgebied ca. 18.400 kinderen geboren, waarvan gemiddeld 6% (ca. 1.100) met een laag geboortegewicht (<2.500 gram) en 8% (ca. 1.500) prematuur (<37 weken). Voor het gebied binnen 10 km en binnen 5 km van de dichtstbijzijnde landingsbaan betreft het respectievelijk 11.600 en 3.400 geboortes per jaar. Wanneer geboortegegevens over vier jaar tijd worden meegenomen is de omvang van deze studie vergelijkbaar met de gegevens van 14 geboortecohorten samen die recent in de Europese ESCAPE studie zijn geanalyseerd (Pedersen et al; Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE). Lancet Respir Med. 2013 Nov;1(9):695-704). Daarbij bleek voldoende power te zijn om associaties met luchtverontreiniging te zien.

› **Advies van de workshop:**
Hiervoor geldt hetzelfde als voor de sterfte-uitkomsten. Het gebruik maken van bestaande registraties is een belangrijk

voordeel bij het entameren van onderzoek. Beleidsmatig zijn geboorte-uitkomsten een belangrijke gezondheidsmaat omdat er levenslange nadelige gevolgen mee gemoeid kunnen zijn. De workshop is dus positief over deze optie.

5. **Medicijngebruik (inleider: Danny Houthuijs)**
Sinds 2006 verstrekken zorgverzekeraars gegevens aan het College voor Zorgverzekeringen over de vergoeding van medicatie die vallen onder de basisverzekering. De gegevens zijn sinds kort beschikbaar binnen een afgeschermde omgeving binnen het CBS. De gegevens over de medicatieverstrekking kunnen alleen worden gebruikt na toestemming van het College voor Zorgverzekeringen en van het CBS. Omdat niet veel ervaring is opgedaan met deze gegevens zullen voorafgaand aan het gebruik ten behoeve van onderzoek naar de relatie met UFP luchthaven nog enkele data-checks gedaan moeten worden. Maar in principe is met deze gegevens de 'DUEL-aanpak' mogelijk omdat op persoonsgegeven de verstrekking bekend is. Op basis van een rekenexercitie bij collega's op het RIVM kan geconcludeerd worden dat voor minimaal 6 soorten medicatie de verstrekking ook de daadwerkelijke ziekteprevalentie representeert. In een ander bevolkingsonderzoek dat op verzoek van I&M wordt uitgevoerd zal voor deze benadering wellicht ook gekozen worden en daarmee is het mogelijk om deze twee onderzoeken aan elkaar te koppelen.
   - Doorlooptijd: 1,5 jaar
   - Welke informatie levert dit op? Of er een relatie is tussen het wonen op locaties met veel UFP en medicatie-uitgifte, als maat voor specifieke aandoeningen (luchtwegaandoeningen, hart- en vaataandoeningen, neurologische aandoeningen).
   - Opmerking: Met deze gegevens zijn sinds kort enkele ervaringen opgebouwd. Technisch is het mogelijk; enige investering in statistische methodologie is nodig. Ook is aandacht nodig voor de selectie van de geregistreerde medicatie. Er is waarschijnlijk synergie mogelijk met een kennisvraag vanuit I&M voor de periode 2016-2018.

› **Advies van de workshop:**
Wederom geldt dat het gebruik maken van bestaande registraties een belangrijk voordeel is om onderzoek te starten. Ook wordt het van belang geacht om een palet van gezondheidseffecten te onderzoeken en medicatie/ziektelast past daar zeker bij. Aanhaken bij ander onderzoek naar dit gezondheidseindpunt is ook een voordeel. De workshop is dus positief over deze optie.

6. **Gezondheidsmonitor (inleider: Saskia van der Zee)**
Elke vier jaar wordt er door alle GGD'en in Nederland een gestandaardiseerd vragenlijstonderzoek (GGD Gezondheids Monitor) verricht onder een  steekproef van bijna 400.000 personen van de Nederlandse bevolking. Dit gebeurt in opdracht van de wethouders Gezondheid. In de vragenlijst worden vragen over gezondheid, welbevinden, risicofactoren op ziekte, zorggebruik etc. gesteld. In 2016 zal de Monitor weer worden herhaald. De gegevens uit de Monitor kunnen worden gebruikt

om de relatie tussen blootstelling aan UFP en chronische aandoeningen (inclusief b.v. hoge bloeddruk) te analyseren. Voordeel van het gebruik van gegevens uit de Gezondheidsmonitor is dat op individueel niveau informatie over confounders (SES, rookgedrag) beschikbaar is en dat de blootstelling aan UFP op adresniveau geschat kan worden. Daarnaast is er weinig kans op bias (vertekening) omdat het een routinematig onderzoek van de GGD betreft. Gegevens van de Gezondheidsmonitor 2012 zijn reeds beschikbaar: in de omgeving van Schiphol vragenlijsten ingevuld door ruim 10.000 volwassenen, waarvan ca ⅔ in de leeftijd 19-64 jaar en ca ⅓ in de leeftijd 65+.

Nadeel van de Gezondheidsmonitor is dat de vraagstelling (voor sommige aandoeningen) weinig specifiek is en minder uitgebreid dan bij onderzoek, specifiek gericht op de relatie UFP en gezondheid, het geval zou zijn. Ook is het niet zeker dat de power van de Monitor 2012 om significantie relaties aan te tonen groot genoeg is.

Speciaal voor de vraagstelling rondom UFP en de luchthaven zouden aanvullende vragen in de 2016 monitor kunnen worden opgenomen die gericht zijn op aanvullende respiratoire en cardiovasculaire gezondheidsgegevens. Ook kunnen de gegevens uit de Monitor 2012 en 2016 samen worden geanalyseerd. Om voldoende zeggingskracht te hebben over een mogelijke relatie tussen de UFP niveaus en deze gezondheidsgegevens, wordt geadviseerd de Monitorgegevens op te hogen met een extra steekproef. Hierbij wordt gedacht aan een ophoging (verdubbeling) met 10.000 vragenlijsten/respondenten. Het tijdpad waarop deze beslissing moet worden genomen is relatief kort, omdat de voorbereiding van de Gezondheids Monitor 2016 al ver gevorderd is.

- Doorlooptijd: 1 jaar om de resultaten van de Monitor 2012 te analyseren, ca 2 jaar om de gegevens van de Monitor 2016 erbij te analyseren.
- Welke informatie levert dit op? Of er een relatie is tussen het wonen op locaties met veel UF en chronische luchtweg- en hartaandoeningen, en hoge bloeddruk.
- Opmerking: de GGD Gezondheidsmonitor 2016 kent strakke deadlines waarbij aangesloten moet worden, de deadline van het CBS voor het trekken van de steekproef is 1 mei 2016.

› **Advies van de workshop:**
Het is niet zeker dat de power om met dit middel een relatie tussen UFP en gezondheidseffecten te kunnen aantonen, groot genoeg is. Maar de workshop geeft aan dat elke power berekening op het gebied van UFP onzeker is, omdat er weinig informatie is over het werkelijke risico. De gegevens uit de Monitor 2012 zijn reeds beschikbaar, analyse van deze gegevens zou relatief snel uitgevoerd kunnen worden. Ook wordt het van belang geacht dat met de Monitor aanvullende persoonsinformatie wordt verkregen die momenteel niet in de bestaande registratiesystemen aanwezig is (bijv. rookgedrag).

Daarmee wordt in de combinatie van bestaande registratiesystemen en Monitorgegevens veel meerwaarde gezien en is de Monitor een verrijking voor de andere onderzoeksdesigns. De workshop is positief over het gebruik van gegevens uit de Gezondheidsmonitor en uitbreiding van de steekproef in 2016.

**Discussie van de verschillende opties**

› **Andere mogelijkheden?**
Er zijn tijdens de workshop geen andere onderzoek designs te berde gebracht, behalve dat de mogelijkheid om lopende onderzoeken in de regio Schiphol bij de vraagstelling te betrekken onvoldoende bekend werd geacht. Met een zekere regelmaat wordt het IRAS benaderd door andere groepen onderzoekers die ook iets met luchtverontreiniging willen doen, maar een totaalbeeld van de onderzoeken waarbij kan worden aangehaakt is er niet. GGD Amsterdam zal nog contact opnemen met onderzoekers van het ABCD-cohort (kinderen).

› **UFP van vliegverkeer versus UFP totaal / UFP van andere bronnen**
Onderscheid maken tussen de gezondheidseffecten van UFP van vliegverkeer versus die van totaal UFP wordt als lastig gezien. Duidelijk is dat er niet van kan worden uitgegaan dat een wegverkeer UFP-deeltje dezelfde toxiciteit heeft als een vliegverkeer UFP-deeltje. Daarvoor is onvoldoende wetenschappelijk bewijs, gezien de andere fysische en chemische samenstelling van UFP van resp. wegverkeer en vliegverkeer. Hier zou wel vanuit het experimenteel toxicologisch onderzoek meer zekerheid over kunnen worden verkregen. Voor de bevolkingsonderzoeken geldt dat primair de relatie met vliegverkeer UFP onderzocht gaat worden, waarbij zo veel mogelijk voor effecten van UFP-wegverkeer gecorrigeerd wordt. Dit zou kunnen op basis van de roetkaart omdat UFP-vliegverkeer en roet laag gecorreleerd zijn. Vooralsnog vindt de workshop het van belang dat er ten aanzien van de toxiciteit van beide UFP-bronnen geen uitspraak gedaan kan worden en dat het vergelijken van aantal concentraties alleen onvoldoende houvast biedt voor het vergelijken van eventuele effecten op de gezondheid.

› **Afweging en prioritering van de verschillende opties**
Er werd gepleit voor een breed pallet van onderzoeken om een zo volledig mogelijk beeld van de situatie te verkrijgen. Opteren voor een enkele gezondheidsmaat werd afgeraden, omdat dat meteen tot vragen over andere gezondheidsmaten zou opleveren. Daarom wordt een bredere aanpak efficiënter en effectiever geacht dan een keuze voor één specifiek onderzoek.
Wel is er consensus dat tijdseries analyses van ziekenhuisopnames geen hoge prioriteit hebben.
Voor alle onderzoeken geldt dat er zeker nog verbeteringen nodig zijn van het modelleren van UFP concentraties in de lucht. Dit was ook de conclusie van de recent gehouden workshop van luchtverontreinigingsdeskundigen (Bijlage 8).
Alle gepresenteerde onderzoeken zijn haalbaar maar hebben een

doorlooptijd van ca. 1.5-2 jaar. Het wordt niet verstandig geacht om onderzoek te verrichten dat een kortere doorlooptijd heeft, omdat het maar weinig zeggingskracht ter beantwoording van de beleidsvragen zal hebben. De Gezondheids Monitor data van 2012 zouden wellicht het eerst beschikbaar kunnen zijn; de sterftegegevens (CBS-registratie) misschien het laatst. De kracht van een advies zit in de combinatie van de resultaten.
Het wordt ook zinvol geacht om zo veel als mogelijk aan te sluiten bij andere, lopende of startende onderzoeken. Dat maakt de kracht van uitspraken sterker en maakt gebruik van investeringen die al gedaan zijn. Een voorbeeld is het HEI project waardoor relatief eenvoudig ook andere vliegvelden in Europa bij het onderzoek betrokken kunnen worden. Voor de GGD Monitor geldt dat daar al een investering is gedaan in de basisvragen en –analyses, waarvan een uitbreiding met aanvullende vragen gebruik kan maken.
Of er sprake is van een goed handelingsperspectief bleef onduidelijk, was ook niet een vraag die door de workshop deelnemers gezien hun deskundigheid kon worden beantwoord. Er werd op gewezen dat door de schonere motoren en brandstofmanipulatie de UFP uitstoot van het wegverkeer het laatste decennium is afgenomen. Mogelijk zou ook de UFP uitstoot van het vliegverkeer door technologische maatregelen kunnen worden verminderd, als nog uit te voeren gezondheids onderzoek de noodzaak hiervan zou aantonen.
Het Schiphol gebied betreft ca. 700.000 blootgestelden en rondom de andere twee luchthavens in Rotterdam en Eindhoven zullen mogelijk nog eens enkele 10- tot 100-duizendtallen blootgestelden wonen. Daarmee betreft het een substantieel deel van de Nederlandse bevolking.

## Conclusies vanuit de workshop 17-03-2016

De workshopdeelnemers vinden dat er voldoende aanleiding is om vervolgonderzoek te doen naar de gezondheidseffecten van ultrafijnstof rondom de luchthaven Schiphol om de volgende redenen:

- Op basis van de bestaande kennis over de effecten van UFP op de gezondheid wordt het optreden van aantoonbare effecten op sterfte en ziektelast in de omgeving van Schiphol waarschijnlijk geacht;
- Er leven in de 2 aanwezige GGD-regio’s rondom de luchthaven zorgen en maatschappelijke vragen over aard en omvang van deze effecten;
- Het betreft ca. 700.000 omwonenden die blootgesteld worden aan een UFP bijdrage van de luchtvaart van 3000 deeltjes/$cm^3$ of meer. Daarmee betreft het een substantieel deel van de Nederlandse populatie.

Vele van de voorgelegde opties worden door de deelnemers haalbaar geacht, de gemiddelde doorlooptijd van de afzonderlijke onderzoeksopties wordt op ca. 2 jaar geschat.

Het is belangrijk om meerdere gezondheidseffecten te onderzoeken (niet alleen sterfte) omdat dit een integrale en samenhangende interpretatie van de gezondheidseffecten mogelijk maakt, waardoor wordt voorkomen dat resultaten over de ene gezondheidsindicator weer vragen over een

andere gezondheidsindicator oproepen. Sterfte wordt gezien als 'topje van de ijsberg', waaraan ook andere gezondheidsindicatoren vooraf kunnen gaan.
Hierbij zien de deelnemers aan de workshop een opdeling in studies naar de gevolgen van acute en chronische blootstelling als zinvol. Het draagvlak voor tijdserie-studies van ziekenhuisopnames is beperkt vanwege de kwaliteit van de ziekenhuisregistraties.

Er is een grote voorkeur om gebruik te maken van bestaande registratiesystemen om de gezondheidseffecten van chronische blootstelling te onderzoeken. Hierbij wordt gedacht aan sterfte, geboorte-uitkomsten (zwangerschapsduur en geboortegewicht) en medicatie-verstrekking (als maat voor specifieke aandoeningen). Het onderzoeksdesign is daarmee vergelijkbaar met dat van de DUELS studie (Fischer et al., 2015). Aanhaken bij bestaande andere Europese cohorten betreft een reële mogelijkheid, waardoor ook informatie over andere grote Europese luchthavens verkregen kan worden. Externe financiering van deze onderzoeken is recent gehonoreerd door het HEI, waarbij moet worden opgemerkt dat deze financiering niet is gericht op het vaststellen van effecten van UFP van luchtvaart of van wegverkeer, maar op effecten van PM2,5, ozon, $NO_2$ en roet (HEI, 2015).

Het vervolgonderzoek moet gericht zijn op UFP van luchtvaart. Onderzoek naar mogelijke (lange termijn) effecten van UFP van andere bronnen (bijvoorbeeld wegverkeer) vergt een andere aanpak. Wel moet worden getracht zo veel mogelijk voor effecten van UFP-wegverkeer te corrigeren.

Het is opportuun in vervolgonderzoek gebruik te maken van de GGD Gezondheidsmonitor die in het najaar van 2016 wordt uitgezet. Met de monitor wordt, naast informatie over gezondheid, belangrijke aanvullende persoonsinformatie verkregen die momenteel niet in de bestaande registratiesystemen aanwezig is (bijv. rookgedrag). De financiering van de reguliere Monitor vindt plaats door de deelnemende gemeentes. Er is een mogelijkheid om specifieke, op ultrafijnstof gerichte gezondheidsvragen toe te voegen. Daarnaast is het gewenst om de steekproefgrootte van de Monitor op te hogen, waardoor eventuele gezondheidseffecten met een grotere betrouwbaarheid vastgesteld kunnen worden. Een besluit over de steekproefophoging moet voor 1 mei 2016 worden genomen. Hieraan zijn kosten verbonden. Er is zodoende een hoge urgentie om op korte termijn een besluit te nemen over een mogelijk ophoging van de steekproef.

Voor de gezondheidseffecten ten gevolge van acute blootstelling worden de voorgelegde panel- en vrijwilligersstudies als reële onderzoeksoptie gezien. Ten aanzien van de toxicologische studies wordt met name het onderzoek met vrijwilligers als ondersteunend voor alle andere onderzoeken gezien.

De workshopdeelnemers geven aan geen uitspraak te kunnen doen over de relatieve toxiciteit van UFP afkomstig van luchtverkeer ten opzichte van wegverkeer. De workshop sprak uit om in de onderzoeken onder de bevolking te focussen op de relatie tussen gezondheidseffecten en luchtverkeer UFP, waarbij wel rekening wordt gehouden met de invloed

van wegverkeer UFP. Aanvullend toxicologisch onderzoek kan inzicht geven in de relatieve toxiciteit.

**RIVM**

*De zorg voor morgen* begint vandaag